


NIVERSITEITSBIBLIOTHEEK GENT
900000001886



LEHRBUCH

DER

GEOLOGIE

UND

PETREFACTENKUNDE.

LEHRBUCH

DER

GEOLOGIE

UND

PETREFACTENKUNDE.

ZUM GEBRAUCHE BEI

VORLESUNGEN UND ZUM SELBSTUNTERRICHTE

VON

CARL VOGT.

IN ZWEI BÄNDEN.

ERSTER BAND.

MIT 2 KUPFERTAFELN UND 625 ILLUSTRATIONEN IN HOLZSTICH.

ZWEITE VERMEHRTE UND GÄNZLICH UMGEARBEITETE AUFLAGE.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1854.

Vorrede zur ersten Auflage.

Die Geologie hat in den letzten Jahrzehnden erstaunliche Fortschritte gemacht. Wenn früher die Liebe zum Wunderbaren einlud zum Sammeln der fossilen Körper, welche sich in den Schichten der Erde finden, und man sich begnügte, etwas Seltsames zu besitzen; wenn die verschiedene Bildung der Bergketten, Hügel und Thäler in älteren Zeiten nur zu Speculationen und Träumereien aufforderte: — so ist jetzt eine Periode eingetreten, in welcher man an der Hand der Erfahrung zuvörderst das Studium der durch die Natur gebotenen Thatsachen beginnt, ehe man über das Wesen und die Ursache der Erscheinungen sich auszusprechen wagt. Die Geologie ist eine Erfahrungswissenschaft geworden und wird es fernerhin bleiben; Thatsachen, genaue Beobachtungen müssen ihre Grundlage bilden, und wo diese in hinreichender Menge vorhanden sind, da hat sich auch stets die Theorie ungezwungen von selbst ergeben und unbestrittene Geltung erreicht. Viele Streitpunkte sind auf diese Art entschieden worden; andere werden ihre Erledigung in derselben Weise finden.

Die vielfachen Berührungspunkte der Geologie mit dem praktischen Leben haben dieser Wissenschaft einen weiteren Kreis von Freunden zugeführt, als vielen der übrigen Naturwissenschaften. Die Schätze, welche wir dem Boden in der Gestalt von Erzen, Kohlen, Salz u. s. w. abgewinnen, lehrt die Geologie aufsuchen; dem Ingenieur ist sie ebenso unentbehrlich als dem

Landwirthe, und so lange der Mensch an den Boden gebunden sein wird, so lange wird auch die Geologie in nächster Beziehung zu ihm stehen, und gar oft als seine sichere Leiterin ihm hülfreichen Beistand leisten.

Nicht bloss die praktische Seite der Geologie aber hat allein das Recht, solche allgemeine Theilnahme sich zuzuschreiben, sondern das allgemeine wissenschaftliche Interesse, welches ihr innewohnt, ihre Näherung an die Lösung von Fragen, welche mit den letzten und höchsten der Philosophie in inniger Beziehung stehen, musste die Aufmerksamkeit Aller in Anspruch nehmen. Das Erscheinen des Menschengeschlechtes auf der Erde, der frühere Zustand unseres Planeten, seine allmälige Entwickelung durch mancherlei Perioden bis zu seiner jetzigen Existenz; die Beziehung der Mythen und Traditionen zu den Katastrophen, welche ihn betroffen, zu den gewaltigen Ereignissen, deren Spuren wir noch heute in die Erdrinde eingegraben sehen; alle diese Fragen erlagen hier einer Untersuchung, welche ungetrübtere Resultate zu versprechen schien, als diejenigen Wege erwarten liessen, welche man bisher zu ihrer Lösung angebahnt hatte.

Die publicistische Thätigkeit hat dem allgemeinen Interesse, welches so vielfach in Anspruch genommen war, entsprochen; — jedes Jahr sieht eine Anzahl neuer Werke erscheinen, welche theils die Geologie im Ganzen. theils einzelne Gegenstände derselben behandeln.

Bei solchem Reichthume der Literatur das Erscheinen eines neuen Buches als durchaus nothwendig und wesentlich geboten erklären zu wollen, kann von Seiten des Verfassers nur als eine Ueberschätzung seiner Talente angesehen werden. Nur die Masse des Publicums kann durch den Antheil, welchen sie einem Werke gewährt, beweisen, dass dasselbe wirklich ein zeitgemässes war; der Verfasser selbst trägt gar zu leicht sein persönliches Bedürfniss auf die Menge über. Ich werde darum nicht unternehmen, das Erscheinen des Buches rechtfertigen zu wollen, wenn ich gleich in der Einrichtung des geologischen Unterrichtes an Real-

schulen, Gymnasien und Universitäten, in der Verbreitung des Interesses an der Geologie und den Mängeln mancher vorhandenen Lehrbücher eine Menge Gründe finden könnte, diese Beweisführung siegreich durchzusetzen. Ueber diese Punkte möge, wie schon bemerkt, das Publicum selbst Richter sein.

Eine andere Frage ist aber die nach meiner persönlichen Berechtigung zur Unternehmung eines solchen Werkes, nach dem Antheile, den Andere an derselben genommen haben können und wirklich genommen haben. Hier glaube ich einige Erläuterungen geben zu müssen.

Ich brauche nur den Namen Agassiz zu nennen, um zu zeigen, dass ein jahrelanges, engeres Zusammenleben mit einem der ausgezeichnetsten Paläontologen unserer Zeit nicht ohne Einfluss auf meine Studienrichtung sein konnte. Es ward mir vergönnt, an den Untersuchungen über die fossilen Fische, sowie über die Gletscher und die Findlingsblöcke der Schweiz einigen Antheil zu nehmen, und hierdurch einen Ueberblick über die geologischen Verhältnisse der Schweiz zu gewinnen, welcher durch die häufigen Streifzüge im Jura und den Alpen in Begleitung unserer gemeinschaftlichen Freunde nur gefestigt werden konnte. Während so praktisch der Blick geübt wurde, erhielt die eigene Kenntniss des Allgemeinen manchen Zuwachs durch die mannigfaltigen Discussionen, welchen die oft kühnen Ansichten meines gelehrten Freundes sowohl in engeren als weiteren Kreisen unterworfen wurden. Das Bedürfniss, selbstständiges Urtheil in solchen Streitfragen zu besitzen, erregte Nachforschung in freier Natur, wie in der Bibliothek; — die Nothwendigkeit, unvorhergesehenen Angriffen nicht unvorbereitet gegenüber zu stehen, veranlasste stets weiter greifende Untersuchungen. Und wie denn in der Geologie so wenig als in anderen Wissenschaften eine Frage, und sei sie auch noch so gering, isolirt stehen kann, wie sich überall Anknüpfungspunkte finden müssen mit dem grossen Ganzen, welches die Wissenschaft bietet, so mussten auch hier die Fragen über die Gletscher und die erratischen Blöcke, über die Identität der Versteinerungen in verschiedenen Schichten

u. s. w. stets Gelegenheit bieten, das Gesammtgebiet der Geologie bis in seine Einzelheiten zu durchforschen.

Die nähere Veranlassung zu der Herausgabe dieses Buches aber gaben die Vorlesungen Herrn Elie de Beaumont's an der Ecole des mines. Der Reichthum der Thatsachen, die consequente Behandlung des Stoffes, die lichte Klarheit der herrschenden Gedanken liessen mir sogleich diese Vorlesungen als ein Musterbild geologischen Unterrichtes erscheinen. Gehäufte Berufsgeschäfte verhinderten den ausgezeichneten Mann, auf eine gemeinschaftliche von ihm speciell überwachte Herausgabe dieser Vorlesungen einzugehen. Ich sah auch bald, dass eine solche für Deutschland theilweise den Zweck, den ich mir vorstellte, verfehlen würde. Die Vorlesungen an der Bergwerksschule, obgleich öffentlich, sind dennoch speciell für die Ingenieure der Minen bestimmt, junge Leute, welche, mit den in der polytechnischen Schule erworbenen Vorkenntnissen ausgerüstet, sich hier zu ihrem speciellen Fache vorbereiten. Der Unterricht der polytechnischen Schule beruht bekanntlich wesentlich auf mathematischer Basis. Entwickelungen dieser Art flicht auch Herr von Beaumont sehr häufig in seine theoretischen Betrachtungen ein. Manche Theile erhalten, in Berücksichtigung des besonderen Zweckes, eine grössere Ausdehnung in diesen Vorträgen, als sie in einem für das allgemeine Publicum bestimmten Lehrbuche erhalten dürften. Die Paläontologie, als mehr getrennte Wissenschaft, wird nur nebenbei berührt; nur in ihren grossen Zügen behandelt; jetzt sogar von einem Hülfslehrer besonders vorgetragen.

Während demnach einerseits die Anordnung des Stoffes, die Auswahl der erläuternden Beispiele in dem Lehrbuche durchaus dieselbe bleiben konnte, wie Herr von Beaumont sie in seinen Vorlesungen angenommen hat, und auch wirklich dieselbe geblieben ist, so mussten andererntheils nicht nur die Paläontologie weitläufiger behandelt, sondern auch die neueren Gebilde mehr berücksichtigt werden, als an der Bergwerksschule geschieht. Nur in einigen Punkten bin ich von den Ansichten Elie de Beau-

mont's abgewichen; und diese betreffen nur solche, wo ich durch Antheilnahme an den Arbeiten von Agassiz mir eigene, meines Erachtens begründete Ansichten über diese speciellen Punkte verschafft hatte. Die Theorie der Fortschaffung erratischer Blöcke durch Gletscher und weit ausgedehnte Eismassen, welche ganze Länder bedeckten, hat an E. de Beaumont den vorragendsten Gegner gefunden; ich habe geglaubt, sie meiner Ueberzeugung gemäss darstellen zu müssen. Im Uebrigen hoffe ich, E. de Beaumont's Ansichten so wiedergegeben zu haben, wie sie wirklich sind, und dies dürfte denn auch das einzige Verdienst sein, welches ich mir bei diesem Buche zuschreiben könnte. Was man sonst Neues und Gutes darin finden möchte, gehört jenem grossen Geologen an, dessen Namen jederzeit in der Geschichte der Wissenschaft glänzen wird.

Die Anordnung des in dem Lehrbuche enthaltenen Stoffes wurde so einfach als möglich gewählt. Nach einer Uebersicht der wichtigsten physikalischen Verhältnisse unseres Planeten, welche in geologischer Hinsicht besonders in Betracht kommen, giebt der erste Band die Beschreibung der einzelnen Felsarten und Gesteine, sowie eine Darstellung der geschichteten Ablagerungen und der wichtigeren, in denselben vorkommenden Versteinerungen. In dem ersten, geographisch-physikalischen Theile wird man keine vollständige Abhandlung über physikalische Geographie erwarten. Es sollte nur darauf aufmerksam gemacht werden, welche Theile in dieser Hinsicht vorzüglich in Betracht kommen, und diejenigen Fragen mussten specieller besprochen werden, welche für die Geologie von dem wesentlichsten Interesse sind. Hier zeichnet sich vor Allem die innere Erdwärme und deren Verhältnisse zu früheren und noch fortdauernden Erscheinungen aus. E. de Beaumont behandelt diesen Abschnitt in seinen Vorlesungen mit all den mathematischen Deductionen, welche Fourier, Poisson und er selbst hier angewandt haben; — ich habe geglaubt, nur die allgemeineren Resultate dieser scharfsinnigen Untersuchungen nach seiner Darstellung geben zu sollen.

Die Fossilien der geschichteten Ablagerungen verdienten wesentliche Berücksichtigung; nicht nur als Medaillen, welche dem

Geologen die Epoche ihrer Ablagerung bestimmen helfen, sondern auch als Glieder einer langen, durch die Geschichte unserer Erde sich hindurchwindenden Schöpfungsidee, deren einzelne Productionen ebenso viele Phasen eines ansteigenden Entwickelungsganges andeuten. Es war unmöglich, bei der Unzahl von Versteinerungen auf die Charakteristik der Arten einzugehen; die Geschlechter, wenigstens die wichtigsten, wurden kurz charakterisirt und ein oder mehre wichtige Typen derselben in Holzstichen gegeben. Die Bereitwilligkeit der Verlagshandlung liess in der Auswahl dieser Holzschnitte jede Ausdehnung zu, und es wurde so möglich, eine Sammlung von mehren hundert Figuren aufzustellen, welche die wichtigsten Typen der untergegangenen Schöpfungen dem Leser vorführen und dem Sammler selbst als Anhaltspunkte bei seinen Reichthümern dienen können. Es wurde so viel als möglich der doppelte Zweck im Auge behalten, einerseits sogenannte charakteristische Fossilien abzubilden, welche durch Häufigkeit oder eigenthümliche Gestalt als Leitmuscheln für die einzelnen Schichten dienen können; andererseits auch wieder Formen auszuwählen, welche in zoologischer Hinsicht als Typen der Geschlechter und Familien betrachtet werden können.

In der Behandlung der geschichteten Gesteine wurde die aufsteigende Ordnung gewählt, von den ältesten Bildungen an bis zu der jetzigen Schöpfungsperiode, und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, weil diese Betrachtungsweise schon ein gleichsam historisches Bild der allmäligen Entwickelung der Erdrinde und der Entfaltung des organischen Lebens auf derselben gewährt. In dem zweiten Bande, welcher die ungeschichteten Gesteine und die Wirkungen derselben auf die geschichteten Ablagerungen enthält, würde eine solche Ordnung nur zu unzähligen Wiederholungen und Verlängerungen geführt haben. Die vulcanischen Erscheinungen der Jetztwelt sind äusserst complicirt, und deshalb durften sie nicht ebenso vorausgesetzt werden, wie die wenigen und einfachen Verhältnisse, welche bei der Bildung der geschichteten Gesteine in Wirkung treten. Es musste also bei den im Verlaufe des zweiten Bandes darzustellenden Erscheinungen der umgekehrte Gang, von den jetzt stattfindenden Phäno-

menen zu den in früherer Epoche vorhandenen, eingeschlagen werden. Es leitet diese Weise der Darstellung dann natürlich zu der Geschichte jener grossartigen Kataklysmen, welche von Zeit zu Zeit die Gestalt der Erdrinde veränderten, und deren historische Auffassung vom Beginne an in aufsteigender Reihe verfolgt wird. Auch in dem zweiten Bande wurden so viel wie möglich die wichtigeren Verhältnisse durch Holzschnitte erläutert, deren Anfertigung von der Verlagshandlung mit grösster Sorgfalt überwacht wurde.

Bei meiner Entfernung vom Druckorte übernahm Herr Dr. Gumprecht in Berlin freundschaftlichst die Revision der Bogen, wofür ich demselben, sowie für manche Verbesserungen und Berichtigungen des Textes, dankbar verpflichtet bin.

Paris, im Mai 1846.

Dr. C. Vogt.

Vorrede zur zweiten Auflage.

Die Fortschritte der wenigen Jahre, welche seit dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Lehrbuches in vielen Theilen der Geologie gemacht worden sind, haben eine vielfache Umarbeitung desselben nöthig gemacht. Ich habe keine Mühe versäumt, diese Umarbeitung dem jetzigen Stande der Wissenschaft entsprechend zu halten. Eigene Arbeiten, sowie Beobachtungen Anderer haben in vielen Dingen Umgestaltungen nöthig gemacht, die oft sich von den Ansichten E. de Beaumont's entfernen. Ich könnte hier zu der in der ersten Vorrede angeführten Gletschertheorie noch die Anthracitformation der Alpen, das Wäldergebirge, die Nummulitenbildung und die Theorie des Metamorphismus überhaupt, wie die über Dolomitbildung insbesondere nennen. Diese Abweichungen haben mir die Nothwendigkeit auferlegt, auf dem Titel den Namen des Meisters wegzulassen, dessen Vorlesungen an der Bergwerksschule in Paris in den Wintern 1844 bis 1846 die Anordnung des Stoffes im Ganzen, die Behandlung des allgemeinen Theiles und die Bearbeitung vieler speciellen Punkte entnommen war. Indessen habe ich mich bemüht, bei allen streitigen Punkten das Für und das Wider etwa so zu resumiren, wie der Präsident des Gerichtshofes in einem Processe zu thun gewohnt ist. Hoffentlich ist die geistige Emancipation meiner Leser so weit vorgeschritten, dass sie sich selbst aus den Thatsachen ihr Urtheil zu bilden wissen.

Zahlreiche neue Holzschnitte stellen theils die hauptsächlichsten Leitmuscheln und merkwürdigsten Fossilien dar, theils dienen sie zur Erläuterung der geologischen Verhältnisse. Da mir die Verlagshandlung in ihrer Auswahl keinerlei Beschränkung auflegte, so würde ein Tadel in dieser Hinsicht nur mich selbst treffen können.

Genf den 10. December 1853.

Dr. C. Vogt.

Systematisches Inhaltsverzeichniss
des
ersten Bandes.

**

****

Einleitung.

Gebiet, Beziehungen und Zweige der Geologie.

Man könnte den Inbegriff aller unserer Kenntnisse über den Erdball, über seine Verhältnisse zu den übrigen Gestirnen, seine äussere Configuration und seine innere Structur mit dem Namen der Geographie oder Erdkunde im weitesten Sinne des Wortes bezeichnen. Bei solcher Ausdehnung des Begriffes dürfte indess diese Wissenschaft so umfassend werden, dass es dem Einzelnen unmöglich sein würde, sie zu beherrschen. Schon deshalb musste man verschiedene Zweige dieser Wissenschaft anerkennen, welche alle in genauer Beziehung zu einander stehen, sich wechselseitig ergänzen und wo dennoch jeder Zweig dem Bearbeiter ein selbständiges Feld bietet. §. 1.

Die physische Geographie oder die Physik des Erdballs betrachtet die Erde als einen Naturkörper, der, wie sämmtliche andere Naturkörper, von allgemeinen Gesetzen abhängt, welche in den einzelnen Erscheinungen wirksam sind. Um diese allgemeinen Gesetze auffinden und darlegen zu können, untersucht die physische Geographie die natürlichen Eigenschaften des Erdballs, seine Beziehungen zu anderen Weltkörpern, seine Gestalt und Structur im Grossen und sucht daraus Schlüsse auf die Entstehung und weitere Fortbildung der Erde zu entnehmen. Man kann die physische Geographie wieder in die astronomische oder mathematische Geographie theilen, welche den Erdball als constituirenden Körper des Sonnensystems in seinen Beziehungen zu diesen und zu den übrigen Körpern im Weltraume betrachtet. Einen zweiten Theil würde die physikalische Geographie bilden, in welcher man den Erdkörper für sich als ein geschlossenes Ganze betrachtet und den Einfluss der einzelnen physikalischen Principien, wie Schwere, Wärme, Licht, Magnetismus, Elektricität etc., sowie die dem Erdganzen als solchem eigenthümlichen Processe, wie z. B. Vulkanismus und ähnliche Erscheinungen, in ihrem Verhalten zu physikalischen Gesetzen untersucht. Als besonderer

Theil dieser physikalischen Geographie hat die Meteorologie oder die Kenntniss der gasförmigen Hülle des Erdballs und der in derselben vorgehenden Erscheinungen eine solche Ausdehnung gewonnen, dass man sie jetzt meistens als besondere Wissenschaft behandelt. Mit der physikalischen Geographie im engsten Zusammenhange steht die Geologie, welche die Structur des Erdballs und besonders seiner uns zugänglichen festen Rinde ermittelt und daraus die Gesetze seiner Entstehung und Entwickelung abzuleiten sucht. Als besonderer Zweig bietet sich endlich noch die beschreibende Geographie dar, welche die Oberfläche der Erde nach ihrer äusseren Bildung betrachtet, die Vertheilung von Wasser und Land, Gebirgen und Ebenen, von Pflanzen, Thieren und Menschen kennen lehrt und so besonders in der Chorographie die natürliche Conformation der unbelebten Natur, in der politischen Geographie die Vertheilung und Verhältnisse des Menschen, in der Pflanzen- und Thiergeographie die Ausbreitung der einzelnen Organismen auf der Erdkruste näher in das Auge fasst.

§. 2. Eine oberflächliche Untersuchung schon lässt erkennen, dass die Vertheilung der organischen Körper auf der Erde, der Pflanzen, der Thiere und des Menschen, selbst in solchen Gegenden, welche gleiches Klima und ähnliche äussere Bodenbildung haben, keine gleichmässige sei. Bei derselben mittleren Temperatur und scheinbar denselben äusseren Verhältnissen, aus denen man auf eine wenigstens analoge Bevölkerung und organische Belebung schliessen sollte, trifft man oft die grellsten Unterschiede in Beziehung auf Pflanzenwuchs, thierische und menschliche Bevölkerung. Man muss sich dann überzeugen, dass in denselben Zonen Oertlichkeiten vorhanden sein können, welche die üppigste organische Entfaltung in jeder Beziehung zeigen, während in kurzer Entfernung davon eine unfruchtbare Wüste sich ausbreitet. Bei näherer Untersuchung dieser und anderer ähnlicher Erscheinungen sieht man leicht, dass es eine ganze Reihe von Phänomenen giebt, welche nicht nur mit der äusseren Gestaltung, sondern auch mit der inneren Structur des Bodens im engsten Zusammenhange stehen, und dass diese Bodenstructur wieder von der Zusammensetzung der festen Erdkruste im Allgemeinen abhängig ist. Die äussere Configuration des Bodens, mit welcher sich die Geographie beschäftigt und in welcher sie den Lauf der Flüsse, den Zug der Bergketten, die Richtung der Thäler und Ebenen nachweist, hat zwar ebenfalls einen grossen Antheil an diesen Verschiedenheiten; — aber die Geographie nimmt die Unebenheiten des Bodens als etwas Gegebenes, Vorhandenes an, ohne die Gesetze ihrer Bildung zu erforschen; sie sucht den Einfluss dieser Bodengestaltung nachzuweisen, ohne sich darum zu bekümmern, ob dieselbe etwas Zufälliges, oder ob sie von allgemeinen, grossen,

über das Ganze des Erdballs herrschenden Gesetzen abhängig sei. Die Geographie kann demnach darstellen, welche Vegetation, welche Bewohner z. B. in der Wüste Sahara existiren — sie kann die kümmerliche Ausbildung des organischen Lebens an dieser Stelle der Erdoberfläche durch Vergleichung mit anderen Gegenden in derselben Zone nachweisen, aber warum gerade hier die zur Entwickelung des organischen Lebens nothwendigen Bedingungen fehlen, dies aufzustellen ist Sache der Geologie, welche die innere Structur des Bodens untersucht, deren Zusammenhang mit anderen Theilen der Erdrinde nachweist und daraus die Gründe schöpft, welche eine der klimatischen Lage entsprechende Entfaltung des organischen Lebens in dieser Erdzone unmöglich machen.

Gegenstand der Geologie ist es demnach, die Structur der festen Theile unserer Erdrinde zu ermitteln, die Erscheinungen, welche aus dieser Structur hervorgehen, darzulegen und die Gesetze nachzuweisen, in Folge deren diese beobachtete Structur im Laufe der Erdgeschichte sich entwickelt hat. §. 3.

Die Geologie beschäftigt sich vorzugsweise nur mit den festen Theilen der Erdrinde; die Gewässer, das Meer, die Atmosphäre bleiben als solche von ihr ausgeschlossen, wenngleich sie nicht umhin kann, sich namentlich dann mit einzelnen, von den tropfbar- und elastisch-flüssigen Massen bedingten Erscheinungen zu befassen, sobald diese Spuren in den festen Massen zurücklassen. Das Studium der festen Massen bietet wesentliche Unterschiede von denjenigen der tropfbarflüssigen und luftförmigen; — Unterschiede, welche besonders durch die leichte Mischbarkeit und Beweglichkeit dieser Körper bedingt werden. Die Zusammensetzung der festen Massen, sowie ihre Structur ist äusserst mannigfaltig; bei den flüssigen und luftförmigen findet das Gegentheil statt. Mit geringen Schwankungen, die sich mehr auf die absolute Menge der aufgelösten Stoffe als auf deren Natur und gegenseitiges Quantitätsverhältniss beziehen, ist die Zusammensetzung des Meeres überall wesentlich dieselbe an den Polen, wie an dem Aequator, an der Oberfläche, wie in der Tiefe. Das Gleiche gilt von der Luft. Das gegenseitige Verhältniss ihrer beiden Hauptbestandtheile, des Stickstoffs und des Sauerstoffs, ist in allen Zonen, wie auf allen Höhen dasselbe, und die Verschiedenheiten gehen nur aus meist zufälligen Verhältnissen, aus einer grösseren oder geringeren Beimengung von Wasserdampf oder Kohlensäure hervor.

Eine zweite durchgreifende Verschiedenheit wird durch die Beweglichkeit der kleinsten Theilchen im Wasser und in der Luft bedingt, wodurch es unmöglich gemacht wird, bleibende oder auch nur für einige Zeit dauernde Abweichungen in diesen Elementen selbst herzustellen. Die furchtbarsten Erscheinungen in Luft und Wasser,

Stürme, Meteore, Fluthen lassen weder in der Luft, noch in dem Wasser selbst die geringste Spur zurück. Sobald die Erscheinung vorübergegangen und die frühere Ordnung wieder zurückgekehrt ist, findet man keine Erinnerung an ihre Existenz in der Masse selbst, in welcher sie sich ereigneten.

§. 4. Anders verhält es sich mit den festen Theilen der Erdrinde. Diese bilden gleichsam das Register, in welchem die durch Flüssigkeiten und Luft hervorgerufenen Erscheinungen mit tiefen Zügen eingezeichnet werden. Ebben und Fluthen, Orkane und Stürme, Regen und Hagel, Ueberschwemmungen und Austrocknungen lassen überall in diesen festen Theilen der Erdrinde ihre Spuren zurück und schreiben so gleichsam selbst auf den einzelnen Blättern des Registers die Geschichte ihrer Thaten auf. Es entsteht auf diese Art eine eigene Zeichensprache, eine Hieroglyphenschrift, deren Deutung oft schwierig ist, die aber nach gelungener Entzifferung Aufschluss giebt über die Geschichte der Erde und über die einzelnen Perioden, welche dieselbe durchlaufen hat. Aber nicht nur grössere Katastrophen, welche mehr oder minder vorübergehend eingewirkt haben, und von denen uns der Sand, der in tieferen Gegenden sich absetzte, die weit von ihrer Lagerungsstätte weggeschwemmten Gesteine, die emporgeworfenen und zerrissenen Schichten zeugen, werden auf diese Weise auf den Blättern des Steinbuches, wenn ich mich so ausdrücken soll, verzeichnet, sondern auch die langsam wirkenden Kräfte, deren Einfluss erst durch unendlich lange Zeiträume sichtbar wird, für deren Erkenntniss das Leben der Individuen, wie des ganzen Menschengeschlechts nicht hinreichen würde, graben auf diese Weise nach und nach ihre Zeichen ein, welche nach Jahrtausenden endlich lesbar erscheinen.

§. 5. Die Geologie wird auf diese Weise eine der wesentlichsten Hülfswissenschaften der Astronomie. Die Erde ist nur ein Stern unter Sternen, ein Planet unter Planeten; — viele ihrer Verhältnisse können nur durch dieselben Hülfsmittel erforscht, durch dieselben Berechnungen genauer festgestellt werden, deren sich die Astronomen bedienen, um die äusseren Verhältnisse der Gestirne, ihre Massen, Formen und Bahnen kennen zu lernen Die Dimensionen des Erdballs, seine allgemeine Form, seine Dichtigkeit, die Gesetze seiner Bildung in Beziehung auf diese Verhältnisse können nur auf astronomischem Wege ermittelt werden; aber die neueren Veränderungen, welche die Erde, die Planeten und die übrigen Himmelskörper erlitten, können durch die Hülfsmittel der Astronomie nicht dargelegt werden. Nichtsdestoweniger ist es wahrscheinlich, dass das Himmelssystem im Ganzen, sowie die einzelnen Gestirne im Besonderen von vielfachen Umwälzungen betroffen wurden und dass unser Sonnensystem erst nach mannigfachen Verän-

derungen so wurde, wie es sich unserem Auge jetzt darstellt. Die successiven Veränderungen, welche die Geologie auf der Erde nachweist, können demnach gleichsam als Maassstab derjenigen Veränderungen dienen, durch welche die übrigen Himmelskörper und namentlich die Planeten einst betroffen wurden. Die Aufbewahrung der Spuren dieser Veränderungen in den harten Theilen unserer Erdrinde ist aber keine regellose; — die Spuren haben sich in derselben Ordnung gehalten, folgen sich in derselben Reihe, wie die Erscheinungen selbst, durch welche sie hervorgerufen wurden, und bilden so nicht nur ein materielles, sondern auch ein geschichtliches Register der verschiedenen Veränderungen, welche die Erdrinde erlitten hat. Dieses Register würde freilich noch grösseren Werth besitzen, wenn es uns auch eine chronologische Zeitbestimmung an die Hand gäbe und somit Schlüsse auf das Alter der Erde und die Dauer ihrer einzelnen Entwickelungsphasen erlaubte; allein leider ist es noch nicht gelungen, einen genaueren Maassstab zur Herstellung der chronologischen Daten zu finden, und wenn wir auch die Aufeinanderfolge der einzelnen Revolutionen, welche die vorstechendsten Zeitmomente in der Erdgeschichte bilden, bestimmen können, so fehlen uns doch bis jetzt alle Anhaltspunkte zu einer genaueren Berechnung der Zeiträume, welche zwischen diesen einzelnen Perioden verflossen sind. Nur so viel können wir mit Sicherheit nachweisen, dass sie ungemein lang gewesen sein müssen.

Wir berührten schon oben die Beziehungen der Geologie zu der §. 6.
physikalischen Geographie, welche die allgemeinen physikalischen Verhältnisse der Erde behandelt. Die Verschwisterung beider Wissenschaften ist so eng, dass es kaum möglich ist eine Grenzlinie zwischen ihnen festzustellen. Die Erscheinungen, welche von der Schwerkraft abhängen, wie Ebbe und Fluth, Sedimentbildungen, Auswaschungen u. s. w., greifen auf das mächtigste in die Geschichte des Erdballs ein. Die Gesetze der Wärme finden überall ihre Anwendung, indem durch ihren Einfluss die innere Erdwärme, die vulcanischen Erscheinungen und Erdbeben, die Erhebung von Land und Gebirgen, die Umwandlung der Gesteine wesentlich bedingt werden.

Wenn die Geologie sich mit der Structur der festen Erdrinde im §. 7.
Grossen beschäftigt, so beruht diese Kenntniss wesentlich auf derjenigen Grundlage, welche ihr durch die Mineralogie einerseits, durch die Chemie andererseits geschaffen wird. Die erstere Wissenschaft lehrt die einzelnen Mineralspecies kennen, welche die feste Erdrinde zusammensetzen; — sie stellt die äussere Form, die Kennzeichen und Eigenschaften derselben fest und giebt uns so die Mittel an die Hand, dieselben in den so häufig gemengten Gesteinen wieder zu erkennen und diese selbst auf diese Weise zu unterscheiden. Die Chemie lehrt uns die innere Zusammensetzung der einzelnen Mineralspecies sowohl wie

der aus ihnen hervorgehenden Gemenge kennen und giebt uns die Mittel an die Hand, die Veränderungen nachzuweisen, welche diese durch die verschiedenen auf sie einwirkenden Agentien erlitten haben. Die Chemie namentlich lässt uns häufig jene allmälig wirkenden Kräfte erkennen, welche durch Summirung ganz kleiner Wirkungen erst nach langer Zeitdauer in die Erscheinung treten, und für viele ausschweifende Theorien, welche durch üppig wuchernde Phantasie in's Leben gerufen wurden, giebt sie gewissermaassen die Lupe in die Hand, welche ihren Unwerth erkennen lässt.

§. 8. So innig indessen auch die Beziehungen aller dieser Wissenschaften zu der Geologie sein mögen, und so schwer es halten mag, in dem gegebenen Falle die Grenzen der einen oder anderen zu bestimmen, so unterscheidet sich doch die Geologie wesentlich von allen durch die Art und Weise, wie sie betrieben werden muss. Der Astronom belauscht die Sterne auf ihrem Durchgange mittelst seines Fernrohrs, ohne sein Observatorium zu verlassen. Der Chemiker analysirt in seinem Laboratorium die Mineralien, welche man ihm mittheilt, und die der Mineralog in seinem Cabinete, ohne sich vom Platze zu bewegen, bestimmt hat. Dem Geologen ist es nicht so leicht gegeben. Man kann ihm die Gegenstände, welche er zu studiren hat, nicht in das Haus tragen, er muss zu ihnen hingehen, an Ort und Stelle ihre Lagerung, ihre Aufeinanderfolge, das Verhältniss der einzelnen Schichten zu einander studiren; — der Geologe ist vor allen Anderen reisender Naturforscher; die Betreibung seiner Wissenschaft ohne Reisen ist eine reine Unmöglichkeit. Er bedarf der Reisen noch mehr als der Geograph, der die Erde nach ihrer äusseren Configuration studirt und der mit Hülfe guter Karten und genauer statistischer Nachweisungen, welche von Anderen herrühren, die Erdoberfläche etwa in der Art studiren kann, wie der Astronom den Mond. Der Geologe kann sich mit solchen Hülfsmitteln nicht begnügen; er muss selbst sehen und untersuchen, und dies ist so wahr, dass man dreist behaupten kann, dass wohl viele Geographen leben, die nur in der Studirstube gebildet wurden, aber kein einziger Geologe.

Diese Nothwendigkeit der Reisen und der Beobachtungen musste um so mehr hier hervorgehoben werden, als man sich meistens gar sonderbare und falsche Begriffe von der Geologie macht. Unter einem Geologen versteht man gar oft noch einen Mann, der sich mit leeren Speculationen über den Ursprung der Welt und der Erde in's Besondere abgiebt, ohne der Beobachtung ihr Recht einzuräumen. Die Geologie, wie sie heute dasteht, ist eine reine Erfahrungswissenschaft; — sie erlaubt sich freilich auch Schlüsse über die verschiedenen Zustände, die sie zu erforschen sucht; allein sie geht nur so weit, als die genaueste Beobachtung es ihr gestattet, und nur an der Hand der Er-

fahrung betritt sie den auf Thatsachen gestützten Weg, der sie zur Erkenntniss führen soll.

Es wurde schon früher angeführt, dass die Geologie eigentlich §. 9.
nur einen Theil der Geographie im weitesten Sinne des Wortes bilde. Durch das Object, mit welchem sie sich beschäftigt, schliesst sie sich am nächsten an die sogenannte Orographie an, welche sich hauptsächlich mit der Beschreibung der Gebirge, ihrer Lage, Erstreckung, Höhe, ihrer Cultur- und Vegetationsverhältnisse, ihrer Beziehung zu anderen Gebirgsketten und zu den Thälern und Ebenen beschäftigt. Die Kenntniss der Orographie ist eine der wesentlichsten Grundlagen der Geologie, da in den Gebirgsketten namentlich durch die mannigfaltigen Veränderungen, welche die Erdrinde an diesen Orten erlitten hat, die innere Structur derselben kenntlich zu Tage gebracht wird. Mit dieser Structur beschäftigt sich nun die Stratigraphie oder Schichtenlehre, welche gewissermaassen die Anatomie der Erdrinde giebt, indem sie die Lagerung der Gebirgsmassen und Schichten, das Verhältniss der Glieder zu dem Ganzen der Gebirgskette, die Beziehungen der Thäler und Höhen zu der inneren Structur kennen lehrt. Obgleich das Wort Stratigraphie sich eigentlich nur, seinem Sinne nach, auf die geschichteten Gesteine beziehen sollte, so wendet man es doch auf die anatomische Darstellung der ganzen Erdrinde an, weil die geschichteten Gesteine bei weitem die grösste Masse der festen Erdrinde ausmachen. Die Stratigraphie ergründet somit die Uebereinanderlagerung der einzelnen Massen, welche die Erdrinde bilden, ihre localen Beziehungen zu einander, ihr Verhältniss zu anderen Massen, welche in grösserer Ferne auftreten, und ihre Beziehung zu dem äusseren Relief der Gegend, von welchem die Geographie das Bild der äusseren Gestalt, das Portrait liefert (Fig. 1).

Fig. 1



Gesetzt, man habe in Fig. 1 den Durchschnitt einer Bergkette vor sich, welche an eine Ebene anstösst und deren einzelne Terrassen in verschiedenen Abständen auf einander folgen. Der Geograph wird diese Bergkette beschreiben, ihre Länge, die verschiedenen Zweige, in die sie sich theilt, notiren, die Thäler aufzeichnen, welche von ihr ausgehen, den Lauf der Flüsse verfolgen, die von ihr herabrieseln; — er wird die Vegetation,

die thierische und menschliche Bevölkerung in das Auge fassen und ihre verschiedene Vertheilung über die Oberfläche dieser Gebirgskette verfolgen. Dem Stratigraphen liegt es ob, die Gründe dieser verschiedenen Erscheinungen zu ermitteln; — er wird finden, dass die Schichten der Ebene *a* horizontal auf einander liegen und unter einem gewissen Winkel gegen die Schichten *b* stossen, welche aufgerichtet sind und ihre Bruchflächen einer inneren eingeschichteten Masse *c* zuwenden, welche den Kern der Gebirgskette bildet. Aus dieser Structur schon lassen sich die Gründe ermessen, weshalb die, der Ebene zugekehrten Böschungen der Schichten *b* gleichförmige Abhänge bilden, während die dem Inneren der Bergkette zugewandten Bruchflächen steile und unregelmässige Terrassen darstellen. Bei näherer Untersuchung der einzelnen Schichten, ihrer Zerspaltung und ihres Verhältnisses zur Durchsickerung des Wassers wird sich ergeben, warum einzelne Stellen der Bergthäler fruchtbar, andere versumpft, andere wieder trocken und dürr sind.

§. 10. In dem einfachen Beispiele, welches uns Fig. 1 vorführt, tritt uns schon ein wesentlicher Unterschied zwischen den die feste Erdrinde bildenden Massen entgegen. Die Ebene *a*, die Böschungen *b* bestehen aus tafelförmig über einander liegenden Massen, aus Schichten, welche, wie wir später sehen werden, meistens organische Ueberreste von Pflanzen und Thieren, sogenannte Versteinerungen, enthalten. Es verdanken diese Schichten ihren Ursprung dem Wasser, und zwar ihrer grössten Masse nach dem Meere, aus welchem sich ihre mineralischen Bestandtheile nach und nach abschieden, niederschlugen und die Thier- und Pflanzenreste einhüllten, welche sich in ihnen eingeschlossen finden. Man begreift diese geschichteten Gesteine und überhaupt alle die, welche ihre Bildung dem eben erwähnten Processe der Ablagerung aus dem Wasser verdanken, unter dem Namen der neptunischen Gebilde.

Andere Massen — und hierzu gehört der Kern *c* in Fig. 1 — bieten keine regelmässigen Absonderungsflächen dar, zeigen keinerlei organische Einschlüsse in ihrer Masse und lassen durch ihre meist krystallinische Structur, durch ihr Aufbrechen aus Gängen und Spalten erkennen, dass sie in feurig flüssigem Zustande aus der Tiefe heraufgestiegen sind und ihre jetzige Gestaltung wesentlich der Abkühlung und dem dabei eintretenden Krystallisationsprocesse zu danken haben. Man hat diese Massen unter dem Namen der plutonischen Gebilde zusammengefasst und schreibt ihnen den grössten Antheil an der äusseren Conformation der festen Erdrinde zu, indem sie die aus dem Wasser abgelagerten Schichten in mannigfacher Weise durchbrachen, aufrichteten und auf ihre Umänderung, Structur und Lagerung vielfachen Einfluss ausübten.

Während in den geschichteten Massen Zusammensetzung und Structur meist ziemlich einfache Verhältnisse darbieten, so zeigt sich im Gegentheil bei den plutonischen Gebilden eine grosse Mannigfaltigkeit in dieser Hinsicht. Die Massen, aus welchen die Gebirge aufgebaut sind, die Gesteine und Felsarten, welche die einzelnen Schichten sowohl wie die ungeschichteten Stücke zusammensetzen, sind aber gewöhnlich nicht einfache Mineralspecies, sowie man sie in der Mineralogie nach ihren regelmässigen Krystallformen und der mit derselben zusammenhängenden Composition kennen lernt, sondern diese Massen werden von Gemengen gebildet, welche gleichwohl als solche bestimmte Charaktere besitzen. So ist z. B. der Granit, eine allgemeine bekannte Felsart, die einen grossen Theil unserer Erdoberfläche bildet, kein einfaches Mineral, sondern ein wohl charakterisirtes Gemenge dreier in Zusammensetzung und Krystallform gänzlich verschiedener Mineralien, des Feldspaths, des Quarzes und des Glimmers. Die Oryktognosie oder Lithologie lehrt uns diese Massen kennen, welche die Erdrinde zusammensetzen, und bildet somit einen ergänzenden Zweig der Mineralogie und eine der wesentlichsten Grundlagen der Stratigraphie. §. 11.

Beide Wissenschaften, die Stratigraphie und Oryktognosie, hat man auch unter dem gemeinschaftlichen Namen der Geognosie begriffen. Diese liefert also die Anatomie des Erdkörpers nach seiner jetzigen Erscheinungsweise; — sie ist eine rein empirische Wissenschaft, die sich nur um das Gegebene und Vorhandene bekümmert, die Existenz von Gebirgsmassen, von geschichteten und ungeschichteten Gesteinen an diesem oder jenem Orte nachweist, die Lagerung derselben verfolgt, ihre Zusammensetzung bestimmt, sich aber weder um den Grund dieser Lagerung, noch um die Ursache der gefundenen Zusammensetzung weiter bekümmert, als gerade der Augenschein es in die Hand giebt. Die Geognosie bildet sonach die wesentliche praktische Grundlage für alle weiteren Schlüsse, welche auf die Geschichte der Erde einiges Licht werfen können.

Wenn schon die Aufeinanderlagerung der einzelnen Schichten und die Störung dieser Lagerung durch Aufsteigen plutonischer Massen aus dem Inneren der Erde zu verschiedenen Zeitepochen Mittel an die Hand geben, die Geschichte der Erde selbst näher zu verfolgen, so ist dies in noch weit höherem Grade möglich, wenn wir die Reste der organischen Wesen in das Auge fassen, welche früher die Erde bewohnten. Es wurde schon angeführt, dass diese Reste in den aus dem Wasser niedergeschlagenen Schichten eingeschlossen sind und dort natürlich in derjenigen Reihenfolge auf einander lagern, in welcher sie selbst auf der Oberfläche der Erde erschienen waren. Wenn wir oben schon die festen Massen überhaupt als ein Register bezeichneten, in §. 12.

welches alle auf der Erde wirkenden physikalischen Kräfte ihre successiven Thaten eingezeichnet haben, so bilden die geschichteten Gesteine, welche Versteinerungen einschliessen, gewissermaassen ein zweites Controlenregister, auf welches das organische Leben die verschiedenen correspondirenden Phasen seiner Entwickelung eingetragen hat. Man hat in dieser Beziehung mit vielem Rechte die Versteinerungen den Münzen verglichen, welche man als Ueberreste vergangener Culturepochen der Völker hier und da vergraben findet und aus denen man die Geschichte derselben wenigstens ihren grossen Zügen nach wieder construiren kann. Aber die organischen Ueberreste finden sich nicht nur hier und da zerstreut, wie diese Münzen, und zufällig an einzelnen Punkten abgelagert; — ganze Bergketten sind einzig und allein aus den Ueberresten untergegangener Thiere angehäuft, und weit verbreitete Gesteinsmassen erscheinen bei näherer Untersuchung durchaus nur als Resultate der Wirksamkeit des organischen Lebens. Bei solcher bedeutenden Anhäufung und Verbreitung der organischen Reste über die ganze Erdoberfläche hält es denn auch nicht schwer, nachzuweisen, dass der Charakter dieser organischen Bevölkerung von Zeit zu Zeit sich änderte und neue Thiere, neue Pflanzen auf der Erde auftraten, welche später wieder von anderen ersetzt wurden.

§.13. Die **Paläontologie oder Versteinerungskunde** bildet somit einen der wesentlichsten Zweige der Geologie, und die auf ihr beruhenden Schlüsse erscheinen um so gewichtiger, als im Allgemeinen die organischen Schöpfungen, welche sich in verschiedenen Zeitepochen auf der Oberfläche der Erde folgten, einen weit constanteren Charakter zeigen, als die mineralischen Ablagerungen. Die Gesteine, welche einem und demselben Zeitabschnitte angehören, können im buntesten Wechsel als Sandsteine, Mergel, Schiefer, Kalksteine an verschiedenen Orten auftreten, ohne dass aus anderen Gründen die Gleichzeitigkeit ihrer Ablagerung bestritten werden könnte. Die Natur der Sache bringt es mit sich, dass solcher Wechsel in verhältnissmässig sehr beschränkten Räumen stattfinden kann, wie denn z. B. die Einmündung eines Flusses, die Ablagerung einer niederen Meeresküste wesentlich verändern und somit eine vollständige Verschiedenheit gleichzeitig hervorgebrachter Sedimente bewirken kann. Anders verhält es sich mit den Ueberresten der Thiere und Pflanzen. Wenn auch nicht geläugnet werden kann, dass von der ältesten Zeit an bestimmte Verbreitungsbezirke der einzelnen Arten existirten und dass in ähnlicher Weise wie jetzt in der Verbreitung der Thiere und Pflanzen bestimmte Faunen und Floren unterschieden werden können, so lassen sich doch immer vielfache enge Beziehungen zwischen den zu gleicher Zeit auf der Erde bestehenden organischen Schöpfungen nachweisen, so dass die Resultate, welche durch eine genaue paläontologische Bestimmung der

Versteinerungen gewonnen werden, oft weit sicherer zur Bestimmung des relativen Alters einer Erdschicht benutzt werden können, als die aus der Lagerung und Zusammensetzung gewonnenen Thatsachen, welche die Geognosie bietet.

Wie leicht zu ersehen, hängt die Paläontologie auf's Innigste mit der Zoologie und Botanik zusammen. Nur aus der genauesten Kenntniss der lebenden Pflanzen und Thiere kann auf die Natur jener oft so unvollständigen Ueberreste geschlossen werden, welche wir in den Erdschichten finden. Die festen Theile, welche allein der Zerstörung widerstanden und in versteinertem Zustande übrig blieben, bilden häufig nur sehr unwesentliche Theile des Körpers der Thiere, denen sie angehörten, und lassen deshalb oft nur schwierig Schlüsse auf die Natur derselben zu. Die Paläontologie bildet demnach gewissermaassen nur eine auf geologische Verhältnisse angewandte Naturgeschichte, und wenn die Kenntniss der Formen, welche sie uns unterscheiden lehrt, dem Geognosten oft äusserst wesentlich ist zur genaueren Erkenntniss einer in ihren mineralogischen Kennzeichen veränderten Schicht und somit zur Ermittelung ihres Alters, so ist dieses doch nur ein untergeordneter Zweck der Paläontologie. Diese muss vielmehr dahin streben, uns ein vollständiges Bild der organischen Schöpfungen zu liefern, welche von Zeit zu Zeit die Erde bevölkerten, und diesen Zweck kann sie nur erfüllen, wenn sie sich in strengster Abhängigkeit von der Naturgeschichte selbst hält und die bei dem Studium der lebenden Thiere und Pflanzen gewonnenen Resultate auf die ihr gebotenen, oft verkümmerten und verunstalteten Objecte anzuwenden und überzutragen versucht. Als letztes Ziel der Vereinigung von Geognosie und Paläontologie steht dann die Aufgabe da, eine vergleichende Geographie der Erde zu den verschiedenen Epochen ihrer Geschichte zu liefern, in jeder Periode nachzuweisen, welche Ausdehnung das Meer und die Continente, die Inseln und die Binnenseen zeigten, welchen Verlauf die Thäler, welche Erstreckung die Bergketten, die Hügelländer und Ebenen hatten, welche Geschöpfe diese Länder und Gewässer an verschiedenen Orten bewohnten und welcher Art die Veränderungen waren, die diesem Zustande ein Ende machten und einen anderen herbeiführten — mit einem Worte die Geschichte der Erde von Anfang an bis zu unseren Zeiten zu schreiben und zu jedem Blatte der Erdgeschichte die entsprechende Karte zu liefern.

Aus der Vereinigung aller dieser verschiedenen Theile der Wis- §. 14.
senschaft geht dann endlich der speculative Theil der Geologie, die Geogenie, hervor. Diese sucht auf die näheren und entfernteren Gründe der Erscheinungen einzugehen, sie entwickelt die Ursachen, welche den einzelnen Thatsachen unterliegen, erforscht die Gesetze, welche die Ursachen unter einander verbinden, und erhebt sich so

Schritt für Schritt zu Schlüssen über die uranfängliche Bildung der Erde, über die Ausbildung ihrer jetzigen Gestalt und Zusammensetzung und über die Ursachen, welche diesen successiven Veränderungen des Erdballs zu Grunde liegen. Die Geogenie bildet gewissermaassen die Physiologie und Entwickelungsgeschichte des Erdballs, während Geognosie und Paläontologie uns seine Anatomie liefern; und indem die letzteren nothwendigerweise das Material liefern und herrichten müssen, richtet die Geogenie den theoretischen Bau des Gebäudes auf, in welchem unsere Kenntnisse den ihnen entsprechenden Raum finden.

Erstes Capitel.

Einige physikalische Verhältnisse der Erde.

1. Gestalt der Erde.

Die Erde ist keine vollkommen runde Kugel, sondern ein an den Polen etwas abgeplatteter kugelförmiger Körper, dessen durch die Pole gehende Axe etwas kleiner ist, als ein durch den Aequator gelegter Durchmesser, so dass ihre Gestalt etwa derjenigen einer Apfelsine gleicht. Die Abplattung selbst ist indessen so gering, dass man bei gewöhnlichen Verhältnissen sie gänzlich ausser Acht lassen und die Erde als eine vollkommene Kugel betrachten kann; wie denn auch ihr Schatten bei Mondfinsternissen stets als eine regelmässige Scheibe erscheint und wir auch die meisten Planeten als Kugeln sehen, trotz der bei allen vorkommenden Abplattungen. Nur bei den grösseren Planeten, deren Durchmesser bedeutend genug ist, lässt sich bei Anwendung starker Vergrösserungen durch mikrometrische Messungen die Abplattung constatiren. Der Grund dieser Abplattung oder der bedeutenderen Aufwulstung in der Gegend des Aequators lässt sich schon aus physikalischen Gründen darthun. Eine Kugel, welche um eine Axe sich dreht (und die Erde dreht sich in der That um eine Axe, deren Endpunkte durch die beiden Pole dargestellt werden), wird nach einiger Zeit eine Abplattung an den beiden Endpunkten ihrer Drehungsaxe wahrnehmen lassen, wenn ihre Masse nur einigermaassen weich oder selbst flüssig ist. Die Centrifugalkraft der einzelnen Theile, welche durch die Rotationsbewegung entwickelt wird, ist um so bedeutender, je weiter man sich von der Drehungsaxe entfernt, mit anderen Worten, je näher man demjenigen grössten Kreise der Kugel kommt, dessen Durchschnittsebene im rechten Winkel auf der Drehungsaxe steht. Durch die Anziehungskraft oder die Gravitation nach dem Mittelpunkte der Kugel hin werden zwar die einzelnen Theile um diesen Mittelpunkt in Kugelgestalt festgehalten, da aber die Centrifugalkraft §. 15.

dieser Gravitation nach dem Mittelpunkte hin entgegenwirkt, so sammeln sich die beweglichen Theile der Kugel in bedeutenderem Maasse um den erwähnten grössten Kreis an und bewirken so an diesem eine Aufwulstung und damit eine Abplattung in der Umgegend der Pole der Umdrehungsaxe. Diese Aufwulstung wird um so bedeutender werden, je leichter beweglich die einzelnen Theile der Kugelmasse, d. h. je weicher oder flüssiger die Kugel selbst ist, und bei zunehmender Schnelligkeit der Rotation wird die Centrifugalkraft endlich so bedeutend, dass die Gravitation gegen den Mittelpunkt hin dadurch aufgehoben, die Kugel zersplittert und ihre Theile nach der Tangentialrichtung fortgeschleudert werden. Die physikalischen Gesetze, aus denen sich diese Verhältnisse rotirender kugelförmiger Körper ergeben, lassen sich ebenso leicht durch Versuche, wie durch Beobachtungen in der Natur anschaulich machen. Bringt man z. B. einen Oeltropfen in eine Mischung von Wasser und Weingeist, welche genau die Dichtigkeit des Oeles hat, so besitzt man in dem Oeltropfen eine Masse, welche der Anziehung nach dem Centrum der Erde gänzlich entzogen ist und somit diejenige Gestalt annehmen kann, welche einzig aus der Wirkung der Attractionskraft der einzelnen Oeltheilchen hervorgeht. Der Oeltropfen besitzt in diesem Falle eine vollkommene Kugelgestalt. Bringt man nun eine Axe hinein, die man in rotirende Bewegung versetzt, so wird bei zunehmender Schnelle dieser Bewegung der Oeltropfen stets platter und platter und nimmt endlich eine förmliche Linsengestalt an, die seiner Zerreissung vorangeht. Taucht man eine Metallkugel in Wasser, welches an der Oberfläche adhärirt, und versetzt nun die Kugel durch eine Axe in rotirende Bewegung, so wird sich das Wasser anfangs in Gestalt eines Ringes um den Aequator der rotirenden Kugel anhäufen, bevor es in Tropfen auseinander stiebt. Die geschmolzenen Lavamassen, die man vulcanische Bomben genannt hat, und die zuweilen einen Durchmesser von mehreren Fussen haben und von den Vulcanen auf weite Strecken hin fortgeschleudert wurden, zeigen eine ähnliche Gestaltung wie die Erdkugel; es sind nämlich diese vulcanischen Bomben stets an beiden Polen abgeplattet und in der Mitte ringförmig aufgewulstet, da sie die Gestalt, welche ihnen als rotirenden geschmolzenen Massen gegeben wurde, auch nach der Erkaltung beibehielten. Es dürfte diese Erscheinung um so mehr Analogie bieten, als, wie wir später sehen werden, auch die Erde sich anfangs in feurig flüssigem Zustande befand und die ihr in diesem Zustande mitgetheilte Gestalt nach der Erkaltung und Erhärtung ihrer äusseren Kruste beibehalten hat.

§. 16. Da es unmöglich ist, die Durchmesser der Erde direct zu messen, so musste man zu verschiedenen Mitteln seine Zuflucht nehmen. Die einfachste Art, die Länge der Durchmesser zu bestimmen, ist die, sie aus dem Maasse der grössten Kreise zu bestimmen, welche um die

Erdkugel gelegt werden können, wobei natürlich der Abplattung Rechnung getragen werden muss. Da aber auch das Maass eines grössten Kreises der Configuration des Festlandes und des Meeres wegen nicht direct bestimmt werden kann, so handelt es sich darum, Stücke dieser Kreise in verschiedenen Gegenden, die Einen nahe dem Pole, die Anderen nahe dem Aequator zu messen, wo denn aus der Verschiedenheit der Grösse der Gradbogen die Abplattung hervorgeht. Nach dieser Grösse der Grade kann nun das absolute Maass des grössten Kreises berechnet und aus diesem wieder die Grösse der Durchmesser nachgewiesen werden. Diese Gradmessungen sind theils direct, theils indirect durch Messung der Verkürzung des Pendels vorgenommen worden. Man mass Meridiangrade in der Weise, dass man an den Endpunkten der Linie, welche man messen wollte, einen bestimmten Fixstern bei seinem Durchgange durch den Meridian beobachtete und aus dem Unterschiede der Zenithdistanzen des Sternes mit dem Winkel des Bleilothes die Grösse der Zenithdistanz selbst berechnete.

Eine zweite Art, die Abplattung zu bestimmen, die aber wegen der verschiedenen Natur der Massen, welche die Erdkruste zusammensetzen, weit grösseren Ungenauigkeiten ausgesetzt ist, besteht darin, sie aus der Verkürzung des Secundenpendels zu berechnen. Die Länge eines Pendels nämlich, welcher Schwingungen von genau einer Secunde machen soll, wird an den Polen bedeutender sein müssen, als an dem Aequator, da das Pendel eben der Abplattung wegen an den Polen sich näher dem Mittelpunkte der Erde befindet, als an dem Aequator. Trotz der grossen Schärfen der Messungsmethoden des Pendels selbst bietet indessen diese letztere Art und Weise der Bestimmung aus dem Grunde eine Fehlerquelle dar, weil die Dicke der festen Erdkruste wahrscheinlich nicht überall gleich und ausserdem die Kruste selbst aus Materialien verschiedener Dichtigkeit zusammengesetzt ist, welche demnach auf das Pendel einen verschiedenen Einfluss ausüben müssen.

Seit dem Beginne des vorigen Jahrhunderts wurde die Nothwendigkeit einer genaueren Bestimmung der Erdgestalt stets mehr und mehr gefühlt und deshalb eine grosse Anzahl von Gradmessungen veranstaltet. In den Jahren 1735 bis 1738 liess die französische Regierung zu gleicher Zeit eine Gradmessung durch Bouguer und Condamine in Peru, durch Maupertuis und Clairaut in Lappland vornehmen, und die dort gewonnenen Resultate im Jahre 1792 durch Mechain, Delambre, Biot und Arago an einem Meridianbogen verificiren, welcher sich von Dünkirchen bis zur Insel Formentara im Mittelländischen Meere erstreckte und etwas mehr als zwölf Grade umfasste. In der neueren Zeit wurden dann noch speciellere Gradmessungen durch Gauss im Hannöverischen, Svanberg in Lappland, Schumacher in Dänemark, Struve in Russland, Bessel und §. 17.

Bayer in Preussen vorgenommen. Alle diese Arbeiten bestätigten nun zwar den allgemeinen Satz der Abplattung, wichen aber in ihren speciellen Resultaten einigermaassen von einander ab, wie dies wohl nicht anders sein kann, da die Erde kein genau geometrisches Sphäroid bildet, sondern vielfache Unregelmässigkeiten, Erhöhungen und Depressionen darbietet, welche auf die Messung selbst und auf die Resultate derselben bedeutenden Einfluss üben müssen. Das Festland bietet überhaupt eine Erhöhung über den Meeresspiegel dar, so dass die physische Figur der Erde, welche durch die Oberfläche des Festen und des Flüssigen unmittelbar gegeben wird und welche man einzig messen kann, bedeutend abweicht von der mathematischen Figur der Erde, die durch eine Oberfläche dargestellt wird, welche die Richtungen derjenigen Kräfte senkrecht durchschneidet, die aus allen von den einzelnen Theilchen der Erde ausgehenden Anziehungen, verbunden mit der ihrer Umdrehungsgeschwindigkeit entsprechenden Centrifugalkraft, zusammengesetzt sind. Die Wahl dieser Oberfläche würde willkürlich bleiben, wenn die Erde nur ein fester Körper ohne das Meer wäre; da dieses aber vorhanden ist, so ist es der Natur angemessen, diejenige Fläche für die Oberfläche der Erde anzunehmen, von welcher die Oberfläche des Meeres ein Theil ist. Denkt man sich also die Erde mit einem Netz von Canälen durchzogen, welche mit dem Meer in Verbindung stehen und durch dieses gefüllt werden, so fällt die Oberfläche des ruhigen Wassers in denselben mit der geometrischen Oberfläche der Erde zusammen.

§. 18. Die definitiven Resultate der Messungen wechseln etwa in dem Grade, dass Bessel eine Abplattung von $^1/_{299}$, Bowditch von $^1/_{301}$, d'Aubuisson von $^1/_{305}$, Jefferson Cram von $^1/_{318}$ annehmen. Nach diesen verschiedenen Annahmen würden sich etwa folgende Maasse herausstellen:

Abplattung von	$^1/_{305}$	$^1/_{301}$	$^1/_{299}$	
Radius der Erde am Aequator .	6376851	6377695	6377398	Meter.
Radius an den Polen	6355943	6356774	6356079	"
Unterschied oder absolute Abplattung	20908	20921	21319	"
Mittelgrösse des Erdradius . . .	6366397			"
Erdradius bei 45 Grad Breite . .	6366407			"
Erdradius zu Paris	6364551			"
Radius einer Kugel, welche ein ebenso grosses Volumen als die Erde hätte	6369874			"
Radius eines Kreises, dessen Länge derjenigen eines Meridianes gleichkäme	6366100			
Oberfläche der Erde	5098857	Quadrat-Myriameter.		
Volumen der Erde	1082634006	Cubik-Myriameter.		

Man hat bekanntlich den Aequator so gut als die Meridiane in Grade abgetheilt, deren 360 auf den Kreis gehen. Die Breitegrade würden gleiche Grösse haben, wäre nicht die Abplattung, welche Ursache ist, dass sie nach den Polen zu etwas kleiner werden. Im Durchschnitt nimmt man ihre Länge zu . . . . . 111,111 Meter an.
Der 45ste Breitegrad würde aber eine Länge von 111,115 Meter haben.
Die Längegrade nehmen beständig gegen die Pole hin ab; der Längegrad bei 45 Grad beträgt . . . . 78,828 Meter.

Zur Vervollständigung der nothwendigen Kenntnisse, ohne welche §. 19.
ein Verständniss der meisten Distanzangaben nicht möglich wäre, gehört noch eine Angabe der gewöhnlich angewandten Wegmaasse.

Der Meter, welcher die Basis der neueren in Frankreich üblichen Maasse bildet und jetzt überall in wissenschaftlichen Werken als Maasseinheit angenommen wird, sollte den zehnmillionsten Theil des Viertels eines Meridiankreises darstellen, oder mit anderen Worten, ein Meridianbogen der Erde sollte 40 Millionen Meter Länge haben. Es geht aus den vorhergehenden Angaben zur Genüge hervor, dass bei den schwankenden Resultaten der Gradmessungen der Meter, trotz dieser reellen Grundlage, dennoch nur ein willkürliches Maass bildet, da eben die absolute Grösse eines Meridiankreises, aus welcher er reducirt ist, nicht mit vollständiger Sicherheit hergestellt werden kann; indessen ist er deshalb doch bequem, weil er ein einheitliches Maass bildet, während Fusse, Ellen u. s. w. in jedem Lande eine andere Bedeutung besitzen. Ein Kilometer beträgt 1000 Meter, ein Myriameter 10,000 Meter.

Die gewöhnliche französische Stunde (*Lieue de France*), 25 auf einen Grad	4444,4	Meter.
Die Seestunde (*Lieue marine*), 20 auf den Grad . .	5555,5	"
Die geographische oder deutsche Meile, 15 auf den Grad	7407,0	"
Die Seemeile, 60 auf den Grad	1851,85	"
Die englische Meile	1609,31	"
Die russische Werst	1070,0	"
Das Stadium der Alten war	100,0	"

Mehre dieser Wegmaasse werden allmälig aus dem Gebrauche des Volkes schwinden. Die französische Stunde ist nur wenig noch im gemeinen Leben üblich; und die Stunde eines jeden Landes hat, ebenso wie der Fuss, ihre eigenthümliche Länge, wodurch die grössten Verwirrungen entstehen. Die deutsche Meile braucht man nur noch im Norden Deutschlands und in vielen geographischen Werken, während man im Süden nach sehr verschieden langen Stunden die Distanzen berechnet; hinsichtlich der russischen Werst wird man im Allgemeinen,

wenn es sich nicht um ganz genaue Rechnungen handelt, keinen Fehler begehen, wenn man sie dem Kilometer gleichsetzt. Die Seemeile hingegen und die Seestunde werden deshalb nie ausser Gebrauch kommen, weil beide für die Seefahrer von grosser Bequemlichkeit sind. Die Seekarten sind nämlich meist in der Art eingerichtet, dass der Aequator nebst den Breitegraden als gerade Linien, die Meridiane als senkrechte Parallelen darauf projicirt sind. Die Grade sind in Minuten (oder Seemeilen) und Seestunden abgetheilt, und diese Projectionen sind deshalb so bequem für die Schifffahrer, weil ihre Fahrt, wenn sie mit derselben Windrichtung und mit demselben Striche segeln, durch eine einfache, mehr oder minder diagonale, gerade Linie auf der Karte bezeichnet werden kann. Die englische Meile ist das unbequemste Wegmaass von allen. Sie hat keine bestimmte Beziehung zu einem Grade, so dass es immer weitläufiger Rechnungen bedarf, um die darin gegebenen Entfernungen zu reduciren; und da ausserdem die Engländer sich sowohl der englischen Meilen als auch der Seemeilen in ihren Angaben bedienen und beides Meilen nennen, so fällt es oft schwer, wenn nur einfach das Wort Meile steht, zu wissen, welche Art von Meilen gemeint sei. Im Allgemeinen kann man sich an die Regel halten, dass in englischen Werken die Angaben der Distanzen zu Land in englischen Meilen, diejenigen der Distanzen zur See in Seemeilen gegeben sind.

2. Dichtigkeit der Erde.

§. 20. Die Dichtigkeit eines Körpers oder dessen specifisches Gewicht kann nicht als etwas Absolutes, sondern nur im Verhältniss zu anderen Körpern bestimmt werden. Für tropfbarflüssige und feste Körper nimmt man gewöhnlich als Maasseinheit das destillirte Wasser bei seiner grössten Dichtigkeit bei 4° C. an, wonach dann z. B. die Dichtigkeit des Goldes = 19,33, die des Silbers = 10,56, die des Lindenholzes = 0,6 sein würde. Ist die Masse eines Körpers homogen, so hat er in allen Theilen dieselbe Dichtigkeit; — ist er aber gemengt, so besitzen die einzelnen Gemengtheile verschiedene Dichtigkeiten, und es handelt sich dann darum, seine mittlere Dichtigkeit zu bestimmen. Bei einem so ungleich gemengten Körper, wie die Erde aber ist, lässt sich die mittlere Dichtigkeit ebensowenig ganz genau bestimmen, wie ihre mathematische Gestalt; — allein auch annähernde Bestimmungen sind schon deshalb sehr wichtig, weil sie vielfache Folgerungen auf den Zustand des Erdinneren abnehmen lassen.

Die Art und Weise, die mittlere Dichtigkeit der Erde zu bestimmen, kann auf verschiedene physikalische Gesetze basirt und in mehrfacher Art durchgeführt werden. Eine ältere Methode schon ist die Bestimmung durch Ablenkung des Pendels von seiner verticalen Rich-

tung in der Nähe grösserer Massen, z. B. bedeutender Gebirgsstöcke, welche sich ziemlich isolirt über benachbarte Ebenen erheben. Diese Massen werden eine bestimmte Anziehung auf das Bleiloth ausüben, woraus man, bei zweckmässiger, genauer Messung dieser Ablenkung und bei sicherer Kenntniss des Volumens des Berges, seiner Masse und seines Schwerpunktes, seine mittlere Dichtigkeit und somit auch diejenige der ganzen Erde berechnen kann. Es würden diese Bestimmungen eine vollständige Genauigkeit gewähren, wenn es nicht einerseits unmöglich wäre, die Grösse eines noch so einfach gestalteten Berges vollkommen genau zu messen, und wenn nicht andererseits die Ablenkung des Bleilothes, welche durch die Masse des Berges bewirkt wird, ausnehmend klein wäre, so dass die geringsten Messungsfehler des Abweichungswinkels in der späteren Berechnung bedeutend vergrössert werden und dadurch ein unrichtiges Resultat erzeugen. Eine weitere bedeutende Fehlerquelle ist noch die, dass die Masse eines Berges fast niemals gleichförmig, sondern aus verschiedenen Gesteinen von verschiedener Dichtigkeit gemengt ist, deren gegenseitiges Verhältniss man niemals mit Genauigkeit bestimmen kann.

Eine an dem Berge Shehallion in Wales nach dieser Methode von Hutton und Maskelyne im Jahre 1724 — 1726 ausgeführte Messung ergab für die mittlere Dichtigkeit der Erde 4,71.

Dieselben Fehlerquellen trüben eine andere Methode, wonach man die Abnahme der Pendelschwingungen in bedeutender Höhe bestimmt und daraus die Dichtigkeit des Berges berechnet, auf welchem man sich befindet. Ein frei in der Atmosphäre aufgehängtes Pendel muss im Verhältniss zur Höhe seines Aufhängepunktes stets langsamer schwingen, weil es weiter von dem Anziehungspunkte, der seine Schwingungen bedingt, nämlich von dem Mittelpunkte der Erde entfernt ist. Trägt man es aber auf einen hohen Berg, statt es frei in der Atmosphäre aufzuhängen, so werden seine Schwingungen nicht in demselben Verhältnisse langsamer werden, wie in der freien Luft, weil die Masse des Berges, auf dem es sich befindet, ihre Anziehungskraft mit derjenigen des Erdmittelpunktes vereinigt und somit eine stärkere Attraction auf das Pendel ausgeübt wird, als wenn es frei aufgehängt wäre. Aus dem Unterschiede der respectiven Schwingungszeiten wird sich demnach die Anziehungskraft, welche der Berg übt, und danach seine mittlere Dichtigkeit, sowie diejenige der ganzen Erdmasse berechnen lassen. Carlini, der diese Methode auf dem Mont Cenis in Piemont im Jahre 1824 anwendete, erhielt als mittlere Dichtigkeitszahl 4,84.

Die genaueste Methode beruht auf der Vergleichung der Schwingungen des horizontalen Pendels einer Drehwage, das durch Metallmassen von bekanntem Gewicht und Grösse angezogen wird, mit den Schwingungen eines senkrechten Pendels, welches von der Erde in Bewegung gesetzt wird. Die Grundidee des Apparates besteht dem-

nach in einem horizontal an einem feinen Faden aufgehängten Stäbchen, mit kleinen Kugeln an den Enden, dem man grosse Metallkugeln, deren Volumen und Dichtigkeit genau bestimmt ist, auf eine gewisse Entfernung nähert, bis es in langsame Schwingungen geräth. Die Ausführung der Versuche selbst ist indessen der vielen Vorsichtsmaassregeln wegen mit bedeutenden Schwierigkeiten verbunden. Frühere von Cavendish im Jahre 1798 angestellte Versuche ergaben für die mittlere Dichtigkeit der Erde 5,48; — spätere, von Reich in Freiberg 5,44; — neuere von Baily angestellte 5,67, so dass man als Mittel dieser Bestimmungen etwa 5,5 für die mittlere Dichtigkeit unserer Erde annehmen kann, eine Zahl, welche zwischen derjenigen des gediegenen Silbers und des destillirten Wassers etwa in der Mitte steht und diejenige des reinen Eisenkieses oder des Magneterzes um etwas übertrifft. Berücksichtigt man nun, dass die meisten Gesteine eine Dichtigkeit von höchstens 3,0 besitzen (Quarz 2,8; Orthoklas 2,58; Obsidian 2,57), und dass ein grosser Theil der Erdrinde aus Meerwasser besteht, dessen specifisches Gewicht nur wenig grösser als dasjenige des reinen Wassers ist, so wird man nicht irren, wenn man die Dichtigkeit der festen Erdkruste höchstens zu 2,5 annimmt, wonach dann die Dichtigkeit der inneren Masse im Durchschnitte etwa derjenigen des gediegenen Eisens oder Kobaltes gleichkommen würde. Es kann demnach schon dieser Bestimmung, der mittleren Dichtigkeit der Erde zufolge, keinem Zweifel unterliegen, dass der Erdkern aus schwereren Massen gebildet ist, als diejenigen sind, welche die Kruste zusammensetzen, dass aber nichts desto weniger die Anziehungskraft im Inneren der Erde nicht in demselben Maasse zunimmt mit der Näherung gegen das Centrum hin, als dies an der äusseren Oberfläche der Fall ist; — denn wäre dies der Fall, so würde die Dichtigkeit selbst der luftförmigen Stoffe dergestalt zunehmen, dass z. B. die atmosphärische Luft in einer Tiefe von 11 Meilen die Dichtigkeit des Platins haben würde, welche diejenige des Erdganzen um mehr als das Vierfache übertrifft. Wenn demnach das Innere des Erdkörpers aus feurig flüssigen Massen besteht (eine Annahme, die durch andere Erscheinungen fast unwiderleglich dargethan wird), so muss dieses Innere eine etwa kugelförmige Masse darstellen, welche in allen ihren Theilen eine gleichförmige Anziehungskraft besitzt und nicht eine stetige Progression derselben nach dem Mittelpunkte zeigt.

3. Die innere Erdwärme.

§. 21. Man war schon seit längerer Zeit darauf aufmerksam geworden, dass die Temperatur im Inneren der Bergwerke und der Minen bedeutend höher sei, als an der Oberfläche, so dass man in unseren Klimaten z. B., selbst im strengen Winter, bequem in tiefen Bergwerken

arbeiten kann, ohne von der Kälte zu leiden. Ebenso war die constante Temperatur tiefer Keller, wonach dieselben im heissen Sommer kühl, im Winter dagegen warm erscheinen, eine allgemein bekannte Sache. Genauere Untersuchungen wurden indess erst seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts angestellt und dadurch nicht allein die Zunahme der Temperatur nach dem Erdinneren hin überhaupt nachgewiesen, sondern auch das Gesetz, nach welchem diese Zunahme stattfindet, mit so viel Sicherheit festgestellt, dass darauf sich weitere Berechnungen über die innere Erdwärme überhaupt basiren liessen.

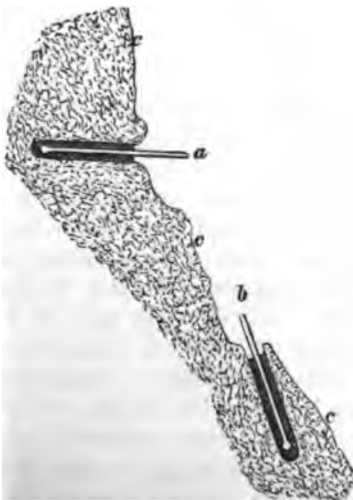
Man hat verschiedene Methoden versucht, um das gestellte Problem §. 22.
zu lösen. Die unvollkommenste war ohne Zweifel diejenige, die **Temperatur der Luft** in den Minen zu bestimmen und dieselbe mit der an der Oberfläche herrschenden Temperatur zu vergleichen. Man begreift leicht, dass die Luftzüge, welche in den Bergwerken herrschen, die Gegenwart der Beobachter selbst in den oft kleinen, eingeschlossenen Räumen, oder der Arbeiter in den grösseren Stollen, die Beweglichkeit des luftigen Elements überhaupt und die Schnelligkeit des Austausches seiner verschiedenen Temperaturen eine solche Bestimmung höchst unzuverlässig machen müssen, zumal wenn der Beobachter nur im flüchtigen Durchstreifen der Gänge die Temperatur nimmt und nicht an besonders aufgestellten Thermometern häufig wiederholte Beobachtungen anstellt.

Eine bessere Methode glaubte man durch die Bestimmung der **Tem-** § 23.
peratur der Grubengewässer gefunden zu haben. Wenn freilich die Quellen und springenden Wasser, welche sich so oft in den Bergwerken finden, in horizontaler Richtung flössen, so könnte diese Bestimmungsmethode genaue Resultate liefern, denn die Wasser würden dann die Temperatur des Gesteins annehmen, durch welches sie fliessen, und dann müsste am Orte ihres Ausflusses ihre Temperatur diejenige des umgebenden Gesteins geben. Meistens aber kommen diese Gewässer von oben herab oder von unten herauf, bringen mithin eine kältere oder wärmere Temperatur mit sich, und aus diesem Grunde sind die aus solchen Bestimmungen hervorgegangenen Resultate meist sehr falsch und verwerflich. Die Messung der stehenden Wasser in den Gruben ist ebenfalls unzuverlässig; sind dieselben tief, so bietet ihre Temperatur, der von unten aufsteigenden Ströme wärmeren Wassers wegen, eine Mittelzahl zwischen der normalen Temperatur an ihrer Oberfläche und derjenigen ihres Bodens; sind sie nur sehr seicht, so wirken Verdunstung und äussere Lufttemperatur verderblich auf das Resultat ein, und zudem kann man nie sicher sein, ob nicht Zuflüsse von oben oder unten her solche stagnirende Grubenwasser unterhalten und ihre Temperatur ändern.

Die einzig sicheren Resultate können mithin nur durch die Mes- §. 24.
sung der **Temperatur des Gesteins** selbst geliefert werden. Auch

hier indess dürfen manche Vorsichtsmaassregeln nicht versäumt werden. Es versteht sich von selbst, dass nur in dem festen Gesteine die Löcher gebohrt werden dürfen, in welchen man die Thermometer befestigen will, dass nicht unmittelbar nach der Bohrung der Löcher oder gar nach dem Sprengen derselben beobachtet werden darf, da die Bearbeitung des rohen Gesteins Wärme entwickelt; es müssen ferner die Thermometer an bestimmten Standorten fest aufgestellt werden, und zwar so viel möglich an Orten, welche wenig besucht und den Arbeitern unzugänglich sind, so dass nur wenig Luftzug dieselben treffen kann. Man hat sie zu diesem Endzwecke öfter in verschlossenen Nischen hinter Glas aufgestellt. Die Bohrlöcher, in welchen die Thermometer aufgestellt werden, müssen so tief als möglich in das Gestein eingetrieben werden, und zwar in einer solchen Richtung, dass die Thermometerkugel so weit als möglich von der Oberfläche des Gesteins entfernt ist; denn da das Gestein Wärme leitet, so wird seine Oberfläche bis zu einer gewissen Tiefe stets mit den Oscillationen der umgebenden Luft in einem gewissen Verhältniss stehen, und das Resultat wird in diesem Falle kein gleichförmiges sein. So würde in der beigefügten Fig. 2 das Thermometer *a* sehr gut aufgestellt sein, weil seine Kugel von der Oberfläche *c* des Gesteins sehr weit entfernt ist, während eine Stellung, wie die des Thermometers *b*, durchaus verworfen werden müsste, der grossen Nähe der Oberfläche wegen.

Fig. 2.



Die Löcher, in welchen die Thermometer aufgestellt werden, müssen ferner so trocken als möglich sein, da die Gegenwart von Wasser die bedeutendsten Störungen herbeiführen könnte; und dann, wenn alle die genannten Vorsichtsmaassregeln erfüllt sind, können erst die Thermometer aufgestellt werden, und zwar in der Art, dass nur der Ort der Scala, wo die Quecksilbersäule etwa stehen bleiben wird, aus dem Loche hervorschaut, welches man ganz mit Sand füllt, um den Zutritt der Luft und die dadurch bedingten Schwankungen abzuhalten. Die Scala selbst muss so gestellt sein, dass der Beobachter sein Auge in einen rechten Winkel zu ihr bringen kann, da bekanntlich bei schiefem Ablesen Beobachtungsfehler unvermeidlich sind.

Man hatte auch an dieser Methode allerlei auszusetzen, indem §. 25.
man namentlich glaubte, die Zersetzung der Schwefelmetalle und anderer leicht zersetzbarer Mineralien und Erze möge eine Wärmequelle sein, deren Wichtigkeit man sogar so hoch anschlug, dass man aus ihr einzig die erhöhte Temperatur des Gesteins und der Gruben ableiten zu können glaubte. Cordier's Versuche in mehren Bergwerken Frankreichs, wo namentlich Schwefelkiese ausgebeutet werden, haben die Grundlosigkeit dieser Annahme nachgewiesen, und was die Erhitzung des Gesteins durch Grubenlichter, Arbeiter u. s. w. betrifft, so hat man in den Gruben von Cornwallis Versuche angestellt, die auch hier nachweisen, dass man diese Wärmequellen weit übertrieben hat. Die Grubengewässer einiger Minen in Cornwallis, welche aus verschiedenen Tiefen herstammen und in einem grossen Becken sich sammeln, zeigen eine Temperatur von 10 Graden über derjenigen der Quellen jener Gegend. Da man aber die wärmende Kraft eines Grubenlichtes und einer Bergwerkslampe eigens zu dem Zwecke dieser Berechnung bestimmte, so liess sich leicht finden, dass alle Grubenlichter sämmtlicher Arbeiter nicht hinreichen würden, die Menge der so gesammelten Grubenwasser nur um ein Zehntel Grad zu erhitzen, und es ist somit der Beweis geliefert, dass die Gegenwart der Arbeiter und der Grubenlichter in den Bergwerken durchaus nicht als eine Wärmequelle für das Gestein angesehen werden kann.

Die genauesten und folgerichtigsten Untersuchungen, welche wir §. 26.
über die Zunahme der Temperatur im Inneren der Bergwerke besitzen, sind von Professor Reich in Freiberg angestellt worden mit Hülfe der königlich sächsischen Bergwerksofficiere. Es wurde dabei auf folgende Art verfahren. Die Thermometer, deren man sich bediente, hatten sehr grosse Kugeln, welche, der Bequemlichkeit wegen, eine cylindrische Form hatten, und sehr lange enge Röhren, so dass mithin der Ausschlag an der Scala sehr bedeutend war. Diese letztere war in Zehntelgrade eingetheilt, und jeder Zehntelgrad war noch so gross, dass man mit ziemlicher Sicherheit ein Funfzigstel, ja selbst ein Hundertheil von einem Grade abschätzen konnte. Die Länge der Scala war demnach sehr gross. Die Thermometer wurden, ihrer Zerbrechlichkeit halber, nicht unmittelbar in die Löcher eingelassen, sondern zuvor in messingene Röhren gesteckt, dann eingesetzt und nun die Bohrlöcher sowohl als die Röhre so fest als möglich mit feinem Sande erfüllt. Vor und nach jeder Beobachtung wurde der Nullpunkt des Thermometers verificirt, da bekanntlich dieser bei guten Thermometern nach einiger Zeit wechselt. Man hatte sich ausserdem überzeugt, dass der zunehmende Luftdruck in der Tiefe der Gruben keinen Einfluss auf die Thermometer hatte. Die Orte, wo man sie aufstellte, wurden so gewählt, dass sie den Arbeitern unzugänglich waren und ausserdem so viel als möglich in derselben verticalen Linie lagen. Das oberste

Thermometer wurde 1 — 3 Meter unter der Oberfläche des Bodens eingesenkt, und zwar in festes Gestein, nie aber in Gerölle oder Schutt. War dies nicht möglich, so wurde der oberste Endpunkt oder die mittlere Bodentemperatur an der Oberfläche aus der aufsteigenden Reihe der Beobachtungen berechnet. Jedes Thermometer wurde wenigstens mehre Male in einem Monate beobachtet, und da die Zahl der angewandten Instrumente sehr bedeutend war, so wurden in dem Zeitraume von 1829 bis 1831, während 18 Monaten, 12936 Beobachtungen angestellt. Eine solche Vervielfältigung der Beobachtungen ist nöthig, um die mannigfaltigen kleinen Fehlerquellen aufzuheben, welche trotz aller Vorsicht vorhanden sind. Die aus diesen zahlreichen Beobachtungen gezogenen Mittel verdienen aber dann auch alles Vertrauen, und es ist nur zu wünschen, dass dem Beispiel des sächsischen Bergwerkscorps gefolgt und an anderen Orten ebenso vollständige Beobachtungen angestellt werden mögen.

Um einen Ausgangspunkt für die Berechnung zu haben, wurde auch die mittlere Temperatur der Luft in Annaberg, wo die Beobachtungen angestellt wurden, bestimmt. Hierbei stellte sich nun das interessante Ergebniss heraus, dass diese mittlere Lufttemperatur nicht, wie dies in vielen Ländern der Fall ist, derjenigen des Bodens gleichkam, sondern dass zwischen beiden ein Unterschied von 1° C. etwa bestand. Es ist bekannt, dass die mittlere Bodentemperatur ebenso gut wie die mittlere Lufttemperatur in einem bestimmten Maasse abnimmt, zu je grösserer absoluter Höhe man sich erhebt; allein die Reich'schen Versuche haben nachgewiesen, dass in dem Erzgebirge wenigstens diese Abnahme nicht gleichmässig für beide Temperaturen ist, und dass während man sich um 193,^{m}4 erheben muss, um die Bodentemperatur um einen Grad des Celsius'schen Thermometers abnehmen zu sehen, die mittlere Temperatur der Luft schon bei 174,^{m}2 um einen Grad abnimmt. Der Boden bleibt demnach wärmer als die Luft, und je höher man sich erhebt, desto grösser ist der Unterschied. Es hält schwer, diese Erscheinung zu erklären; ob es der längeren Schneebedeckung der höheren Gegenden zugeschrieben werden darf, ist zweifelhaft. Der Schnee ist freilich ein sehr schlechter Wärmeleiter und verhindert somit den Frost in den Boden einzudringen.

§. 27. Aus den Reich'schen Versuchen ergab sich die Bestätigung des Satzes, dass die Temperatur nach der Tiefe hin zunimmt und abgesehen von kleinen, durch Luft und Wasserwechsel bedingten Anomalien in grösseren Tiefen constant bleibt. Das Mittel aus den Beobachtungen ergab eine Wärmezunahme von einem Grad für 41^{m},84. Doch fügt Reich ausdrücklich hinzu, dass ein allgemeines Gesetz für die Wärmezunahme aus seinen Beobachtungen sich nicht ableiten lasse, und zahlreiche Versuche in verschiedenen preussischen Bergwerken ergaben, dass in der That je nach dem Gesteine, welches man ausbeutet,

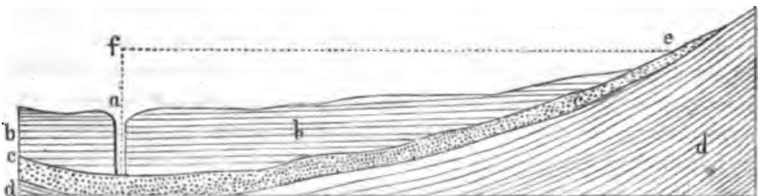
die Wärmezunahme eine verschiedene, und in Steinkohlengruben zum Beispiel doppelt so gross sei als in Erzgruben. Ueberhaupt schwanken die Angaben aus anderen Ländern sehr; so fand man in den Bergwerken von Knot-Matson in der Grafschaft Waterfort in Irland eine Zunahme von 1° C. auf 31 Meter; in Schottland 1° auf 63 Meter; im Ural 1° auf 23 — 26 Meter. In den Schiefern scheint die Zunahme bedeutender zu sein als in dem Granite, und vielleicht lässt sich auch nachweisen, dass die Zunahme, je tiefer man hinabkommt, verhältnissmässig desto geringer wird, so dass man einen Irrthum begehen würde, wenn man, um die Temperatur des Erdinneren zu berechnen, eine gleichmässige Progression in demselben Maasse annehmen wollte, wie man sie in den nur wenigen hundert Fuss tiefen Bergwerken beobachtet. An vielen Stellen wird das Resultat noch durch besondere locale Verhältnisse getrübt; — so hat man die Temperaturzunahme in einem, etwas über 1000 Fuss tiefen Schacht im Monte-Massi in Toscana bestimmt und gefunden, dass schon für 13^m Tiefe die Temperatur um 1° wächst. Aber dieser Schacht, obgleich nur in tertiärem Gebirge angelegt, findet sich in geringer Entfernung von den Salsen und vulcanischen Quellen und Spalten Toscana's, so dass es keinem Zweifel unterliegt, dass die Nähe dieser vulkanischen Erscheinungen auf die Erhöhung der Temperatur in dem Gesteine der Umgegend einen wesentlichen Einfluss ausgeübt hat.

Ein anderes Mittel, die Temperatur des Inneren der Erde zu messen, §. 28.
wird uns durch die artesischen Brunnen geboten, welche in neuester Zeit bekanntlich bis in sehr bedeutende Tiefen getrieben wurden. Erinnern wir zuerst an die Verhältnisse, unter welchen man artesische Brunnen anlegt. Es geschieht dies gewöhnlich in solchen Gegenden, wo mehr oder minder grosse Ebenen, aus porösem Gesteine gebildet, die Wasser in die Tiefe sickern lassen und dadurch ein Quellenmangel erzeugt wird. Wenn es schon fast nirgends auf der Erde eine vollständige Ebene giebt, so kann man wohl behaupten, dass in geologischer Beziehung eine solche gar nirgends vorhanden ist, sondern dass alle Ebenen flache Mulden darstellen, welche mittelst ihrer Ränder an Bergketten oder Hügelzüge sich anlehnen. Meistens sind diese Becken oder Mulden aus verschiedenen schalenförmig über einander gelegten Schichten gebildet, von denen die einen, gewöhnlich Sandlager, Sandsteine oder zerklüftete Kalklager, das Wasser überall durchsickern lassen, die anderen, wie namentlich Thon- und Mergelschichten, undurchdringlich für dasselbe sind. Es handelt sich nun bei Anlegung eines artesischen Brunnens darum, in der Tiefe eines Beckens eine solche wasserführende Schicht zu finden, die von dem Gebirge her gespeist wird, an welches sich die Schichten des Beckens anlehnen. Wird nun ein senkrecktes Bohrloch in die Tiefe hinabgetrieben, so wird in dem Augenblicke, wo es die wasserführende Schicht erreicht, der Was-

serstrahl aus derselben durch das Bohrloch mit einer Kraft emporsteigen, welche dem Drucke, den es in der Erstreckung von dem Gebirge her erleidet, proportional ist.

Fig. 3 stelle den idealen Durchschnitt eines solchen Beckens

Fig. 3.



dar, dessen horizontale obere Lage *b* aus porösem Kalksteine und Sandsteine bestehen möge. Unter diesen Lagern zieht sich eine Sandschicht *c* fort, welche oben und unten von Mergellagern eingeschlossen ist, die das Ausweichen des Wassers nach beiden Seiten hin verhindern. Diese ganze Gesteinsfolge ruht auf den Schichten *d*, welche nach rechts hin sich erheben und eine Hügelkette bilden, an deren Rande die Sandschicht *c* zu Tage kommt. Die von der Hügelkette durchsickernden Tagwasser werden sich nach und nach in der Sandschicht *c* ansammeln, in dieser nach der Tiefe des Beckens hinablaufen und dort sich anhäufen, wenn sie keinen anderen Ausweg finden; wird nun das Bohrloch *a* durch die horizontalen Schichten bis in die wasserführende Sandschicht *c* hinabgetrieben, so wird der Krümmung des Beckens zufolge das Wasser in demselben mit einem Drucke emporsteigen, der es bis zu der Höhe von *f* emportreibt, eine Höhe, welche mit dem Punkte *e*, wo das Sandlager an der Hügelkette zu Tage geht, in einer horizontalen Ebene liegt. Es ist nun klar, dass das Wasser, welches aus dem Bohrloche emporsteigt, die Temperatur des Punktes haben muss, von welchem aus es in die Höhe dringt, und dass die Abkühlung, welche es durch das Aufsteigen im Bohrloch erleidet, um so geringer sein muss, je schneller und mächtiger es überhaupt fliesst.

§. 29. Die Temperaturbestimmungen in artesischen Brunnen können besonders deshalb Fehlerquellen darbieten, weil man niemals mit vollständiger Sicherheit weiss, woher die Gewässer kommen, welche durch das Bohrloch aufsteigen. Die Abkühlung, welche das Wasser, wenn es in bedeutenderem Strahle fliesst, durch die Gesteinsschichten erleidet, ist allerdings nur gering, aber gerade deshalb können Wasser, die aus bedeutenderer Tiefe kommen, durch das Bohrloch aufsteigen und so eine bedeutend höhere Temperatur mitbringen, als eigentlich an dem Endpunkte des Bohrloches existirt; denn man muss wohl in's Auge fassen, dass man mit dem Bohrloche nicht den Grund der unterirdischen Quelle erreicht, sondern dass man mittelst desselben nur die Decke durchbricht, welche das Wasser verhinderte, in die Höhe zu steigen.

Es wiederholen sich nur hier die Verhältnisse, welche man schon bei den gewöhnlichen Quellen eintreten sieht. Die meisten derselben haben nicht die mittlere Bodentemperatur, wie man glauben sollte, sondern sind etwas wärmer, sind also schwache Thermen, welche aus geringer Tiefe aufsteigen. Die warmen und heissen Quellen kommen offenbar aus bedeutenderer Tiefe hervor und bringen die Temperatur des Punktes mit, von welchem aus sie aufsteigen. Ihre Ausflussöffnung an der Oberfläche ist demnach gewissermaassen nur ein natürliches artesisches Bohrloch, durch welches eine grössere Tiefe erreicht worden ist. Man setze aber den Fall, dass über den Karlsbader Quellen noch Gesteinsschichten lägen von einigen hundert Fussen Mächtigkeit, durch welche ein Bohrloch hindurchgetrieben würde. In dem Augenblicke, wo dieses Loch die Kalksinterdecke der Sprudelquellen durchsenkt hätte, würde eine Quelle hervorspringen, mit einer Temperatur, die um 60° höher sein würde, als man nach dem erbohrten Punkte erwarten müsste. Das angeführte Beispiel bildet ein Extrem; aber dass ähnliche Verhältnisse, wie bei den meisten gewöhnlichen Quellen, auch in den artesischen Brunnen grösstentheils vorliegen, geht schon daraus hervor, dass die Temperaturzunahme im Allgemeinen in denselben weit bedeutender ist, als in den Bergwerken.

Das Bohrloch von Grenelle bei Paris ist 540 Meter tief und das §. 30.
daraus hervorfliessende Wasser hat etwa 28° Wärme. Bei 400 Meter zeigt das Thermometer 23°,75, bei 505 Meter 26°,43. Man kann die Berechnung dieser Beobachtung auf zwei verschiedene Arten vornehmen; die mittlere Lufttemperatur ist in Paris der mittleren Bodentemperatur gleich und beträgt 10°,6; geht man von dieser Zahl, und somit von dem Niveau des Bodens bei der Berechnung aus, so erhält man eine Temperaturzunahme von 1° auf je 31^{m},9 Tiefe.

In den Kellern des Observatoriums, welche 28 Meter tief sind, hat man seit langer Zeit feste Thermometer aufgestellt, deren jährliche Schwankungen ausserhalb der Grenzen aller Beobachtungen fallen und deshalb = 0 zu setzen sind; diese Thermometer zeigen eine constante Temperatur von 11°,7 und wenn man von diesem Punkte bei der Berechnung ausgeht, so findet man auf 32^{m},3 eine Wärmezunahme von einem Grade — was darauf hinzudeuten scheint, dass die obere Erdschicht besser leitet, mithin verhältnissmässig mehr Wärme verliert, als die unteren. Berechnet man nach diesen Resultaten, welche Temperatur das Wasser haben muss, das aus dem 548 Meter tiefen Brunnen hervorströmt, so erhält man die Zahl 27°,76 und in der That zeigt das an der Oberfläche ankommende Wasser eine constante Temperatur von 27°,6, so dass demnach die Abkühlung, welche es auf dem Wege durch das Bohrloch erleidet, nur 0°,16 betragen würde.

Mit den bei Grenelle erhaltenen Resultaten stimmen die mei- §. 31.
sten in anderen Bohrlöchern erhaltenen Angaben überein; bei Mon-

dorf im Luxemburgischen, wo man mit dem Bohrloche eine Tiefe von mehr als 700 Metern erreicht hat, zeigten die Thermometer bei 671 Meter Tiefe 84 Grad, und ergaben demnach eine Zunahme von einem Grad auf je $29^m,60$ Tiefe. In Neusalzwerk in Westphalen fand man bei 622 Meter Tiefe $31^0,25$ und eine Zunahme von einem Grad auf je $29^m,2$. In Pregny bei Genf hat man mit einem Bohrloche von $223^m,7$ Tiefe keine springende Quelle erreicht, das Bohrloch ist bis an den Rand mit einer zähen Schlammschicht gefüllt, welche kaum einen Austausch der Temperaturen zulässt; die Zunahme betrug je einen Grad auf $29^m,71$.

Man wird deshalb nicht von der Wahrheit abweichen, wenn man annimmt, dass in den artesischen Brunnen auf je 30 Meter Tiefe die Temperatur um einen Grad zunimmt.

Indessen haben sich auch hier manche bemerkenswerthe Abweichungen gezeigt. In der Nähe von Neufen in Würtemberg sind die verschiedenen Schichten des Jura bis auf die Schiefer des Lias mittelst eines 385 Meter tiefen Bohrloches durchsenkt worden; die Zunahme der Temperatur ist so bedeutend, dass die Thermometer auf dem Grunde des Bohrloches $38^0,7$ zeigten, und dass auf je $10^m,5$ Tiefe die Temperatur um einen Grad zunahm, eine Zunahme, die mithin das gewöhnliche Maass dreimal übertrifft. Diese Anomalie scheint sich indessen daraus zu erklären, dass in der Nähe von Neufen und Urach eine Menge von basaltischen Kegeln sich befinden, die eine verhältnissmässig sehr junge geologische Erscheinung sind und auf einen noch in der dortigen Gegend thätigen Vulcanismus hindeuten dürften.

Auf der anderen Seite besitzt man Beobachtungen aus Bahia in Südamerika, wo, weit entfernt eine Zunahme zu constatiren, der Beobachter vielmehr in einem Bohrloche von 61 Meter Tiefe eine Abnahme von drei Graden fand. Vielleicht lässt sich diese Anomalie dadurch erklären, dass das Seewasser durch den Boden durchsickerte und bis in den Brunnen drang, und dass demnach die Temperatur des Bodens durch dieses eindringende kalte Seewasser um ein Bedeutendes erniedrigt wurde.

§. 32. Wir führten oben die Thatsache an, dass in den Kellern des Observatoriums zu Paris eine constante Temperatur herrsche und die verschiedenen Schwankungen des Thermometers, welche wir an der Oberfläche beobachten, in dieser Tiefe nicht mehr sichtbar sind; der Boden nimmt demnach in einer gewissen Tiefe unter der Oberfläche stets eine constante Temperatur an, welche etwa der mittleren Jahrestemperatur der Luft entspricht. Dies ist ein allgemeines Gesetz für alle Länder, und es folgt daraus, dass an denjenigen Orten, wo die mittlere Temperatur unter dem Nullpunkte steht, also auf hohen Bergen und in den Polarländern, der Boden in einer gewissen Tiefe auch beständig gefroren sein muss. Im Sommer thaut dieser gefrorene Boden durch die kurze, aber

bedeutende Hitze einige Fuss tief auf, so dass noch Sommergewächse, ja selbst einige kümmerliche Sträuche und Nadelhölzer mit flach ausgebreiteten Wurzeln vegetiren können. In einer Tiefe von einigen Fussen aber trifft man auch im höchsten Sommer unter der aufgethauten Schicht den gefrorenen Boden an. In Jakutzk, welches unter 62° Grad nördlicher Breite liegt, fehlen Quellwasser durchaus, indem die mittlere Jahrestemperatur — 7°,55 beträgt. Ein reicher Kaufmann, Namens Scherzin, wollte einen Brunnen haben und liess deshalb einen Schacht in den gefrorenen Boden eintreiben; bei einer Tiefe von 382 englischen Fussen zeigte indess das Thermometer noch beinahe 3 Grade unter dem Gefrierpunkte. Die Beobachtungen, welche in diesem Schachte angestellt wurden, ergaben folgende Scala:

Tiefe.	Temperatur.	Tiefe.	Temperatur.
7 engl. Fuss.	— 17,12° C.	200 engl. Fuss.	— 5,00° C.
15 » »	— 13,12° »	250 » »	— 4,25° »
20 » »	— 11,38° »	300 » »	— 4,12° »
50 » »	— 8,19° »	350 » »	— 3,31° »
100 » »	— 6,81° »	382 » »	— 2,92° »
150 » »	— 5,81° »		

Es geht aus diesen Beobachtungen hervor, dass die Temperatur nach der Tiefe zwar zunimmt, dass aber kein gleichmässiges Gesetz sich aus diesen Zahlen ableiten lässt, was wahrscheinlich davon abhängt, dass der gefrorene Boden ein weit besserer Leiter ist als der ungefrorene und dass durch das Gefrorensein selbst Unregelmässigkeiten in der Dichtigkeit und Leitungsfähigkeit bedingt werden. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass man in einer Tiefe von 5 — 600 Fuss den Nullpunkt und später Zunahme der Temperatur und flüssiges Wasser gefunden haben würde.

Es hat diese gefrorene Bodenschicht von etwa 500 Fuss Dicke eine ganz §. 33. besondere Wichtigkeit auch für andere Zweige der Wissenschaft; denn in ihr und nicht in reinem Polareise, wie man zuweilen annimmt, wurden die noch mit Fett und Fleisch erhaltenen Riesenthiere der Diluvialzeit gefunden, die zu so wichtigen Folgerungen für die Wissenschaft Veranlassung gegeben haben.

Man darf indess nicht glauben, dass deshalb, weil der Boden Sibiriens bis in eine gewisse Tiefe gefroren ist, nun auch derselbe aller Quellen gänzlich ermangeln müsse. Es finden sich in der That an den Ufern der Lena Quellen, welche das ganze Jahr hindurch sprudeln.

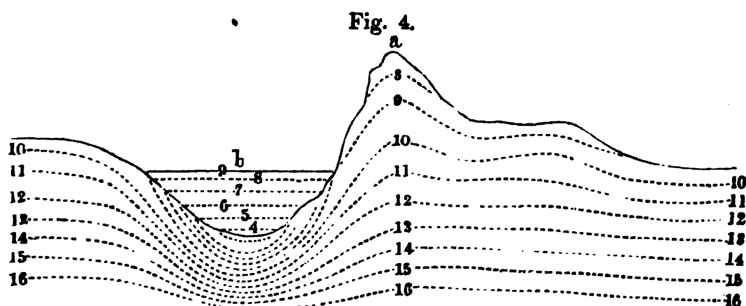
Dass eine Quelle eine 500 Fuss dicke, gefrorene Schicht durchdringen könne, ohne selbst zu gefrieren, zumal wenn ihr Wasser kaum um einige Grade über Null erhaben ist, scheint paradox; allein man braucht sich nur die artesischen Brunnen in das Gedächtniss zurückzurufen, um eine solche Erscheinung sogleich erklärt zu finden. Das Wasser aus dem Brunnen von Grenelle durchströmt eine Bodenschicht von 540 Meter, die in ihren höchsten Theilen um 17 Grad kälter ist, als das von unten sprudelnde Wasser, und dennoch ist die Erkältung desselben kaum merklich; bei diesen Quellen Sibiriens muss dasselbe Verhältniss gelten, und eine unter der gefrorenen Schicht entstehende Quelle von einigen Graden Wärme wird eben so gut durch natürliche Canäle den gefrorenen Boden ohne bedeutende Erkältung durchströmen. Die Schwierigkeit der Erklärung dieser Quellen, mit denen man sich viel abgequält hat in der Geologie, liegt demnach nicht in der Existenz des gefrorenen Bodens, sondern vielmehr in ihrem Vorhandensein an sich, in einem ungeheuer ausgedehnten, flachen, aufgeschwemmten Lande, welches eben keine Quellen in seiner Tiefe ernähren kann, da das Durchdringen des atmosphärischen Wassers von oben her unmöglich ist. Diese Schwierigkeit könnte nur durch eine genaue Kenntniss der geologischen Verhältnisse Sibiriens und besonders des Zusammenhanges der tieferen Gebirgsschichten mit denjenigen der südlichen Gebirgsketten dieses Landes gehoben werden.

§. 34. Die Temperatur der Atmosphäre nimmt bekanntlich mit der Höhe, in die man sich erhebt, mehr und mehr ab, und zwar in einem solchen Maasse, dass man auf je 200 Meter etwa einen Grad Abnahme annehmen kann. Die Lufthülle, welche unseren Erdball umgiebt, verhält sich also in ähnlicher Weise, wie die Erdkruste; ihre Temperatur nimmt von oben nach unten stets zu, wenngleich in fünf- bis sechsmal geringerem Maasse als in der festen Erdrinde, bei welcher man etwa auf 33 Meter einen Grad Zunahme annehmen kann. Da aber die mittlere Temperatur des Bodens, wie schon bemerkt wurde, von der mittleren Jahrestemperatur der Luft abhängt und beide fast einander gleich gesetzt werden können, so wird auch diese mittlere Bodentemperatur den äusseren Reliefformen des Landes folgen und somit der Punkt der constanten Temperatur, von welchem aus die innere Erdwärme zunimmt, in den Bergen über das Niveau der Ebene hinaufrücken. Man hat die Linien, welche man durch diejenigen Punkte der Erdoberfläche ziehen kann, die eine gleiche mittlere Jahrestemperatur besitzen, bekanntlich Isothermen genannt; — sie weichen ziemlich bedeutend von den Breitegraden ab, mit welchen sie zusammenfallen müssten, wenn die Vertheilung der Temperatur über dem ganzen Erdball eine gleichmässige wäre. In ähnlicher Weise, wie man die Isothermen construirt, kann man auch Linien durch diejenigen Tiefenpunkte einer Gegend ziehen, welche dieselbe Temperatur besitzen. Man hat diese Linien Chthonisothermlinien ge-

nannt und würde bei der Verbindung dieser Linien zu Ebenen die ganze Erdkruste theoretisch in parallele Schalen theilen können, deren Dicke je einem Grad Wärmezunahme entsprechen würde. Diese Chthonisothermflächen würden daher im Allgemeinen sphäroidische Flächen darbieten, deren Krümmung aber in der Nähe der Erdoberfläche bedeutende Einbiegungen erleiden müsste, je nach dem Relief des Landes. In den Gebirgen würden sie zwar ansteigen; — da aber das Gebirge durch seine Erhebung in kältere Luftschichten bedeutender abgekühlt wird, so wird auch die Erhebung der Chthonisothermen flacher sein, als die äusseren Linien des Gebirges, und sich so unter dem Gebirge, je tiefer man kommt, mehr und mehr der allgemeinen Sphäroidkrümmung anschliessen.

In ähnlicher Weise, wie in den Gebirgen die Chthonisothermen sich über das Niveau erheben, werden sie auf dem Grunde der See'n und Meere bedeutender unter das Niveau herabgedrückt werden, da vermöge der Beweglichkeit der Wassertheilchen das kältere Wasser stets nach unten sinkt und auf dem Grunde der Gewässer sich anhäuft; auch diese Einbiegungen werden indess nach und nach bei steigender Tiefe verschwinden und so die Chthonisothermen in einer gewissen Tiefe der allgemeinen mathematischen Gestalt des Erdsphäroides entsprechen. In dem folgenden Durchschnitte, Fig. 4, sei *a* das Profil einer Gebirgs-

Fig. 4.



kette, *b* das eines Seebeckens, auf dessen Grunde die Temperatur des Wassers etwa vier Grad beträgt, während die mittlere Bodentemperatur auf der Höhe des Gebirges sich auf acht Grad hält. Die Chthonisothermen werden diejenigen Krümmungen haben, die wir durch punktirte Linien bezeichnen, an deren Endpunkte wir die Gradzahlen setzen.

Unter den tieferliegenden Chthonisothermen ist besonders diejenige zu berücksichtigen, bei welcher das in den Boden eindringende Wasser nothwendiger Weise in Dampf verwandelt werden muss. Da mit dem zunehmenden Drucke auch die Hitze, bei welcher das Wasser siedet und sich in Dampf verwandelt, grösser sein muss, so ist auch diese Grenze erst bei einer bedeutenden Temperatur, von 600 Graden etwa,

zu finden. Unter diese Grenze, die sich etwa in einer Tiefe von $2^1/_2$ geographischen Meilen (18500 Meter etwa) befindet, wird kein Wasser hinab dringen können, und es wird dort gewissermaassen die Wasserschale der äusseren Erdkruste von einer Dampfschale getragen, deren Aufbruch nach oben durch den Gegendruck des Wassers verhindert wird, der gewissermaassen das Sicherheitsventil für die angehäufte Dampfmasse bildet. Die Berücksichtigung dieser unteren Wassergrenze ist besonders deshalb wichtig, weil das Wasser und der Wasserdampf bei den vulcanischen Erscheinungen eine bedeutende Rolle spielen und weil Schmelzung von Felsarten, Metamorphose und Umkrystallisirung von Gesteinen, die sonst unschmelzbar erscheinen, bei Gegenwart von Wasser und Wasserdampf in weit geringerer Temperatur stattfinden können.

§. 35. Die Temperatur des Bodens hängt, wie oben bemerkt wurde, von mehren Umständen ab, deren vereinigte Wirkung erst diese Temperatur als Resultat hat, und es hält ziemlich schwer, den einzelnen Factoren ihre bestimmte Summe von Wirkung zuzuweisen. Zuerst kommt die specifische Wärme der Gesteine in Betracht. Bekanntlich versteht man unter dem Ausdruck „specifische Wärme eines Körpers“ die Wärmemenge, welche dieser Körper nöthig hat, um einen Grad mehr erhitzt zu werden, und man bestimmt meist diese Wärmemenge auf die Weise, dass man genau abgemessene Volumina oder Gewichte des zu bestimmenden Körpers mit Wasser von verschiedener Temperatur mengt. Man hat ausgedehnte Untersuchungen und Tabellen über diese specifische Wärme der Körper, in welchen dieselbe entweder nach dem Volumen oder dem Gewichte nach bestimmt ist. Die Differenzen sind hier ausserordentlich, und um nur ein Beispiel anzuführen, so wird wohl 1 Kilogrm. Wasser von 10 Grad mit einem Kilogrm. Wasser von 20 Grad gemischt 2 Kilogrm. von 15 Grad Wärme hervorbringen, während 1 Kilogrm. Steine oder Sand von 10 Grad und 1 Kilogrm. Wasser von 20 Grad ein Gemenge erzeugen werden, welches weit mehr als 15 Grad Wärme haben wird, weil es eben weit weniger Wärme bedarf, um die Steine oder den Sand zu erhitzen. Die Bestimmungen der specifischen Wärme sind meist auf diese Weise dem Gewichte nach gemacht; es scheint indess nicht, als ob die verschiedenen mineralischen Bestandtheile, wie man sie in dem gewöhnlichen Boden trifft, bedeutende Verschiedenheiten in dieser Hinsicht zeigten.

§. 36. Ein zweiter Factor ist die äussere Leitungsfähigkeit des Bodens für die Wärme. Man versteht darunter die mehr oder minder grosse Leichtigkeit, mit welcher die Wärme an der Oberfläche eines Körpers ausstrahlt, und bekanntlich hat die Natur und Gestalt der Oberfläche hierauf den grössten Einfluss. Eine glänzende Metalloberfläche lässt weit weniger Wärme ausstrahlen als eine geschwärzte; eine polirte Fläche weit weniger als eine rauhe, und ein russiger und da-

durch rauher Kessel wird weit schneller erkalten, als derselbe Kessel, wenn er spiegelblank polirt ist. Die äussere Leitungsfähigkeit des Bodens der Erde wechselt ohne Zweifel je nach seiner Bedeckung; eine Wiese, die mit Gras überdeckt ist, und ein umgepflügtes Ackerfeld strahlen nicht in gleicher Weise Wärme aus; indess ist dieser Factor nur gering, und im Allgemeinen, namentlich wenn es sich nicht um Bestimmungen ganz nahe an der Oberfläche handelt, von geringerem Einfluss.

Anders verhält es sich mit der inneren Leitungsfähigkeit, §. 37. d. h. mit der Leichtigkeit, womit sich die Wärme innerhalb eines Körpers von einem Punkte zum anderen fortpflanzt. Die Verschiedenheiten, welche die Körper in dieser Hinsicht zeigen, sind ungemein gross und schon im Allgemeinen im gewöhnlichen Leben gekannt. Jedermann weiss, dass man ein kleines Stück Kohle, welches an dem einen Ende brennt, also Weissglühhitze zeigt, ohne Gefahr in die Hand nehmen kann, dass man sich dagegen an einem Eisenstabe auf der Stelle verbrennen würde. Der Eisenstab ist ein guter Leiter; er erhitzt sich sehr schnell in seiner ganzen Masse; die Kohle ist ein sehr schlechter Leiter, denn die Wärme setzt sich sehr schwer innerhalb eines solchen Körpers fort.

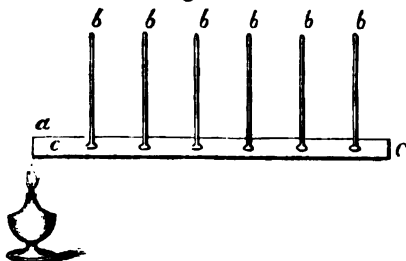
Es folgt hieraus der ganz einfache Satz, dass die Isothermen für je einen Grad Wärmezunahme innerhalb der Erde um so näher aneinander liegen, je schwächer die Leitungsfähigkeit des Bodens ist, während sie sich um so mehr von einander entfernen, ein je besserer Leiter der Boden ist. Indess ist auch hier die Verschiedenheit zwischen den einzelnen Gesteinsarten zu gering, als dass grosse locale Unterschiede bestehen könnten. Für die einzelnen Körper ist sie ungeheuer. So hat Despretz folgende Werthe gefunden, wobei das Gold, der Körper, welcher am stärksten leitet, als Einheit angenommen ist. Fourier hat für einige schwach leitende Körper einigermaassen abweichende Werthe erhalten.

	Despretz.	Fourier.
Gold	1000	
Platin	981	
Silber	973	
Kupfer	908	
Eisen	374	416,5
Zink	363	
Zinn	303,9	
Blei	179,6	
Marmor	23,6	20,837
Porzellan	12,2	13,877
Gebrannte Ziegel	11,4	

Man sieht schon aus dieser Tabelle, dass die erdigen Mineralien ausserordentlich in ihrer Leitungsfähigkeit hinter den Metallen zurückstehen und dass die Unterschiede zwischen ihnen verhältnissmässig nicht sehr gross sind.

§. 38. Bekanntlich misst man die Leitungsfähigkeit in der Weise, dass man in einen Stab des Körpers, der an dem einen Ende bis zu einem gewissen Grade erwärmt wird, von Distanz zu Distanz feine Thermometer einlässt, deren successive und stets geringere Erhitzung das Maass der Leitungsfähigkeit angiebt. Da indess bei schlechten Leitern die Distanzen ungemein klein sein müssen, weil die Wärme kaum fortgepflanzt wird, so leidet darunter auch die Genauigkeit der Resultate.

Fig. 5.



a Erhitzter Punkt.

b b Eingepflanzte Thermometer.

c Stab des zu messenden Körpers.

§. 39. Die Leitungsfähigkeit des Bodens kann natürlich nicht auf die Weise gemessen werden. Man hat aber hier eine natürliche Wärmequelle, nämlich die Sonne, und aus dem Einflusse derselben auf den Boden kann man seine Leitungsfähigkeit bestimmen, die, um dies Resultat gleich von vorn herein zu geben, in dem Garten des Pariser Observatoriums 14,6977 beträgt, die des Goldes wie in der obigen Tabelle zu 1000 angenommen.

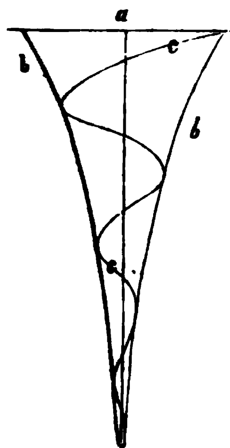
Wir können in der Einwirkung der Sonnenwärme auf die Erde zwei Perioden unterscheiden, die tägliche und die jährliche, deren Effecte zwar nicht in der Zeit, wohl aber in ihrem Verhalten einander parallelisirt werden können. Des Tages über wird die Luft an der Oberfläche bis zu einem bestimmten Grade durch die Sonne erwärmt, und diese Wärme dringt bis zu einer gewissen Tiefe, die von der Leitungsfähigkeit sowie von der specifischen Wärme des Bodens abhängt, in die Tiefe ein. In der Nacht wird es kälter; diese Kälte dringt ebenfalls ein, und man kann sich so diese beiden verschiedenen Perioden des Tages und der Nacht wie zwei entgegengesetzte feindliche Potenzen darstellen, die einander in das Innere der Erde verfolgen. Jeder Wärmewelle, die eindringt, folgt eine Kältewelle, und mittelst sensibler Thermometer, die in verschiedenen Tiefen eingesenkt sind, lässt sich das Maass dieses Vorrückens nach innen zu bestimmen.

Ein gleiches Verhältniss herrscht in Hinsicht des Jahres. Der Sommer kann dem Tag, der Winter der Nacht verglichen werden, und jeder Sommer wird eine bestimmte mittlere Wärme in das Innere

abschicken, welche im Winter von einer entsprechenden Kältewelle gefolgt wird.

Sucht man nun, nach den durch die Beobachtung gewonnenen Thatsachen das Eindringen der verschiedenen Wärmemengen in das Innere graphisch darzustellen, indem man die Resultate auf eine mittlere Temperatur bezieht, so findet man, dass dieselben eine krumme Linie bilden, *b b*, welche sich der Mittellinie *a* stets mehr und mehr nähert, dieselbe aber nie erreicht. §. 40.

Fig. 6.



Es ist ganz natürlich, dass bei der stets abnehmenden Proportion der verschiedenen Wärme- und Kältewellen nach dem Inneren zu die Unterschiede zwischen den verschiedenen Oscillationen immer kleiner werden und deshalb der Mitteltemperatur sich immer mehr annähern. Da aber die Geschwindigkeit der Fortpflanzung innerhalb des Bodens für die Wärme wie für die Kälte dieselbe ist (denn Kälte ist ja nur die Negation der Wärme), so folgt daraus, dass die Wärmewelle des Tages nie von derjenigen der Nacht, diejenige des Sommers nie von derjenigen des Winters erreicht wird, und somit aus der Verbindung der in verschiedenen Entfernungen gelegenen Punkte eine andere krumme Linie *c* entsteht, die, stets der Mittellinie sich annähernd, sich spiralig um dieselbe windet, mit immer kleineren Kreisen, ohne sie erreichen zu können.

Die Beobachtung hat gezeigt, dass die Wirkung der Sonne fast nur auf die Oberfläche der Erde beschränkt ist, und dass unter einem Meter Tiefe die täglichen Schwankungen der Temperatur im Boden nicht mehr für unsere Instrumente fühlbar sind. Weiter unten lassen sich nur noch die jährlichen Variationen erkennen, und bei 28 Meter, in den Kellern des Observatoriums von Paris, sind auch diese nicht mehr messbar, so dass dort das Thermometer als constant angenommen werden kann, wenngleich, wie ich schon anführte, der Theorie nach, diese Schwankungen nie total aufhören und sich bis in's Centrum der Erde fortpflanzen müssen. §. 41.

Der Boden selbst setzt aber der Fortleitung einen gewissen Widerstand entgegen, und es folgt daraus, dass die Schwankungen nicht in demselben Momente, wo sie in der äusseren Luft sich darstellen, in der Tiefe fühlbar werden, sondern erst nach einer gewissen Zeit, die eben mit der Leitungsfähigkeit in Verhältniss stehen muss. Je tiefer man die Thermometer in den Boden einsenkt, desto geringer werden die Ausschläge der Schwankungen und desto langsamer werden sie fühlbar, so dass bei 8 Meter Tiefe gerade das umgekehrte Verhält- §. 42.

niss stattfindet wie an der Oberfläche. Ein in 8 Meter Tiefe in den Boden eingelassenes Thermometer zeigt das Maximum der Wärme im December, das Minimum im Juni an, und die Wärmewelle des Sommers braucht demnach volle sechs Monate, um 8 Meter Erde zu durchdringen, während diejenige des Winters ebenso viel braucht. Genauer bestimmt, braucht die Wärme im Boden 38 Tage, um eine Schicht von 1 Meter Dicke zu durchdringen.

---

§. 43. Aus den im Vorherigen angeführten Thatsachen, welche wir über die allmälige Temperaturzunahme im Inneren der Erde kennen, lassen sich manche für die Geologie sehr wichtige Schlüsse über die im Inneren der Erde selbst vorhandenen Zustände ableiten. Es beruhen diese Vorstellungen zwar nothwendig auf den Thatsachen, welche die Beobachtung uns kennen gelehrt hat; nichts desto weniger aber gehen sie in das Feld der Hypothese über, wenn auch nicht soweit, als man wohl glauben möchte, und die Arbeiten der neueren Mathematik haben gezeigt, dass das Feld der Hypothesen in sehr enge Grenzen eingeschränkt werden könne, innerhalb deren unsere Vorstellungen über diese Zustände sich halten müssen.

Die Messungen der Bergwerke und artesischen Brunnen haben dargethan, dass eine zunehmende Temperatur nach dem Inneren in der Erdrinde sich zeigt, und die Beobachtung hat unmittelbar etwa 30° C. in einer Tiefe von etwa 600 Meter nachgewiesen. Wir haben indess Erscheinungen, welche unwiderleglich nachweisen, dass noch tiefer hinab diese Wärme noch mehr sich erhöht. Wir besitzen viele heisse Quellen von allen möglichen Temperaturgraden, ja einige in Toscana, welche den Siedepunkt und einige Grade darüber erreichen. Andere Erscheinungen, welche sich eng an diese heissen Quellen anschliessen, beweisen, dass sogar Temperaturen von 1000 bis 1500 Graden in bedeutenderen Tiefen sich finden müssen.

§. 44. Wir haben auf der Erde keine andere allgemeine Wärmequelle als die Sonne; alle anderen, welche man noch aufzählen könnte, sind nur von höchst localer Wirkung. Man hat behaupten wollen, die Temperatur des Inneren der Erde sei nicht so hoch, als man sich vorstelle, und sei nur das Resultat der eingedrungenen Sonnenhitze. So wenig glaublich dies auch nach den oben angeführten Beobachtungen über das Eindringen der Sonnenwärme in die Erde scheint, so wurde diese Ansicht doch von einigen Gelehrten vertheidigt. Eine einzige Betrachtung reicht indess hin, um zu beweisen, dass diese Behauptung durchaus grundlos und unhaltbar ist.

Die Sonnenwärme wirkt bekanntlich, des besonderen Verhältnisses der Erdbahn und der Stellung der Erdaxe zur Sonne wegen, höchst ungleich auf die Erdoberfläche. Der Aequator ist weit wärmer als die

Pole, und während dort die mittlere Temperatur etwa + 27°,5 C. beträgt, so steht sie hier auf — 17 bis 19° C. Es muss demnach, diesen Verhältnissen zufolge, ein leichter Wärmestrom von dem Aequator hin gegen die kälteren Pole gehen, und dieser Strom, so unmerklich er auch wegen der sehr allmäligen Uebergänge und der Kugelgestalt der Erde ist, lässt sich auch wirklich in der Atmosphäre nachweisen. In der Gegend des 45sten Breitegrades wird er indess schon so unbedeutend, dass er kaum in Betracht kommt. Im Inneren der Erde würde dasselbe stattfinden, ein beständiger Austausch der Wärme müsste eintreten und so eine Temperatur des Centrums entstehen, welche eine Mittelzahl aller einzelnen Temperaturen des Erdballs darstellen würde. Diese Mittelzahl, welche man berechnen könnte, wenn es von Wichtigkeit wäre, würde etwa + 10 bis 15 Grade betragen; sie würde höher sein als die Mittelzahl zwischen der Temperatur der Pole und derjenigen des Aequators, denn man muss wohl bedenken, dass die Pole nur Punkte sind, während der Aequator einen grössten Kreis darstellt.

Was würde nun die Folge einer solchen Wärmevertheilung im Inneren der Erde sein? In den Radien des Aequators würde ein beständiger Wärmestrom von aussen, dem wärmeren Punkte, nach dem kälteren Centrum gehen, in den Radien der Pole umgekehrt ein Strom von innen nach aussen, von dem Centrum nach dem kalten Pole. In den Radien, wo die mittlere Temperatur derjenigen des Centrums gleich wäre, würde eine invariable Temperatur an allen Punkten stattfinden. Nun treffen aber diese Radien mit 10 oder 15 Graden mittlerer Temperatur gerade in diejenigen Theile der Erde, wo die meisten Versuche über die Zunahme der Wärme nach innen hin gemacht wurden und wo diese durch Beobachtung constatirt wurde. Paris hat eine mittlere Temperatur von etwa 10 Graden; es dürfte demnach hier gar keine Zunahme nach innen zu stattfinden. §. 45.

Man sieht, die Annahme, dass die Zunahme der Temperatur nach dem Inneren der Erde hin nur von der Sonne abhänge, ist allen beobachteten Thatsachen entgegen, mithin durchaus verwerflich.

Diese Temperatur des Inneren muss demnach eine andere Ursache haben. §. 46.

Welche Ursache man auch annehmen möge, ob eine Entwickelung der Hitze von innen heraus durch selbstständige Thätigkeit, ob eine Mittheilung von aussen her, so viel bleibt sicher, dass jetzt die Erde eine Kugel ist, welche im Inneren eine bedeutendere Hitze besitzt als der Raum, in welchem sich diese Kugel bewegt, dass die Hitze mithin von dieser Kugel in den kälteren Raum ausstrahlt und die Kugel selbst durch diesen Process mehr und mehr sich erkältet. Will man demnach die Temperatur im Inneren der Erde berechnen, so müssen zuvor die Gesetze aufgesucht werden, nach welchen eine in kälterem Raume sich

bewegende Kugel allmälig erkaltet, und diese Gesetze auf die Erdkugel angewandt werden.

Aus den vielfachen Untersuchungen Fourier's, Poisson's und E. de Beaumont's über die jetzigen und ursprünglichen Wärmeverhältnisse unserer Erde gehen nun folgende Resultate hervor, deren mathematische Deduction hier zu weit führen würde.

§. 47. Auf welche Art die Erde im Anfange erhitzt worden sei, ob von innen heraus, ob von der ganzen Oberfläche her oder nur von einem einzelnen Punkte derselben, dies kann aus den jetzigen Temperaturverhältnissen der Erde nicht geschlossen werden; denn wie auch diese ursprüngliche Wärmequelle gewirkt haben mag, das Resultat würde für unsere Zeit stets dasselbe gewesen sein. Es kann deshalb keine Berechnung dieser Art über den Urzustand der Wärmequelle unserer Erde den mindesten Aufschluss geben.

Es steht dagegen fest, dass die Erde jetzt in einer Periode angekommen ist, wo ihre Erkältung so ungemein unbedeutend ist, dass wir wohl sagen können, wir seien am Ende der Erkältung angelangt. Ja diese Endperiode der Erkältung dauert schon seit sehr langer Zeit, und welche Conjecturen wir auch über die Dauer der früheren, rasch zunehmenden Erkältung der Erde aufstellen mögen, wir müssen bei folgerechter Berechnung stets zu dem Schlusse kommen, dass wir jetzt in der Endperiode dieser Erkältung uns befinden.

Ein ferneres, nothwendiges Gesetz, welches aus diesen Berechnungen hervorgeht, ist das, dass die stetige Abnahme aller Punkte der Erdkugel in demselben Verhältnisse zu der Temperaturmenge vor sich geht, und dass somit, da die Wärme des Centrums stets bedeutender ist als diejenige der Oberfläche, auch die absolute Abnahme seiner Temperatur weit bedeutender ist als diejenige der peripherischen Punkte. Gesetzt also, ein Punkt der Oberfläche nähme während einer bestimmten Zeit um $^1/_4$ seiner Temperatur ab, so wird das Centrum ebenfalls um $^1/_4$ seiner Temperatur abnehmen, und es muss somit in unserer Zeit, wo diese Abnahme der Temperatur an der Oberfläche fast Null ist, die Erkältung des Centrums immer noch merklich und sogar bedeutend sein, da wir die Temperatur des Centrums zum wenigsten auf 1000 Grade anschlagen müssen.

§. 48. Aus demselben Principe geht dann noch ferner hervor, dass in einer Kugel, von der man annimmt, dass sie überall gleiche specifische Wärme und gleiche Leitungsfähigkeit darbiete, auch die graduelle Zunahme der Wärme um so geringer werde in gleichen Raummaassen, je mehr man sich dem Centrum nähert, wo diese graduelle Zunahme natürlich gleich Null ist. Gesetzt demnach, die Wärme des Bodens nähme an der Oberfläche um $^1/_{30}$ Grad auf den Meter zu, so wird in einer gewissen Tiefe die Zunahme nur $^1/_{40}$, noch weiter unten $^1/_{100}$ und immer unbedeutendere Bruchtheile von einem Grade per Meter betragen.

Wollte man demnach diese graduelle Abnahme der verhältnissmässigen Wärmevermehrung graphisch darstellen, so würde man eine Curve erhalten, welche im Anfange stark gekrümmt, stets flacher und flacher würde und sich endlich sehr der geraden Linie nähern würde.

Die Verhältnisse der festen Bestandtheile der Erde scheinen indess §. 49.
darauf hinzudeuten, dass die Erde nicht überall die gleichen Eigenschaften in Beziehung zur Wärme darbiete, und es ist sehr wahrscheinlich, dass sie aus einem inneren Kerne besteht, dessen Leitungsfähigkeit weit grösser ist als die der äusseren Rinde, ein Fall, den auch Poisson schon in seine Berechnungen aufgenommen hat. Gesetzt nun, der innere Kern habe die Leitungsfähigkeit des Goldes = 1000, während die Rinde eine Leitungsfähigkeit = 14 hat, so würde dadurch der Curve, welche die graduelle Vermehrung bezeichnet, eine ganze andere Gestalt werden, indem nur ihr vorderer Theil, so weit die Rinde geht, eine gekrümmte Gestalt haben würde, während durch den stark leitenden Kern sie geradeaus ginge.

Welchen Wärmegrad hat aber nun das Centrum der Erde? Gleich §. 50.
von vornherein muss hier bemerkt werden, dass jede Lösung dieser Frage, welche auf Temperaturgrade über 3 — 4000 Grad führen würde, einen concreten Unsinn enthält, und zwar schon aus dem einfachen Grunde, weil man selbst in dem Sauerstoffgebläse oder in dem elektrischen Apparat noch keine Hitze hat erzeugen können, die über diesen äussersten Grad hinausgegangen wäre. Wenn man freilich die arithmetische Progression einer steten Zunahme bis ins Innere fortsetzen wollte, so würde man bis zu 250000 und mehr Graden kommen. Eine solche Zunahme ist aber um so weniger möglich, als schon bei weit geringeren Hitzegraden sämmtliche Substanzen, welche die Erde überhaupt zusammensetzen, in Fluss gerathen, und demnach ein innerer feuerflüssiger Kern erzeugt wird, in dessen Masse durch stete innere Strömung die Temperatur auf einem gleichmässigen Standpunkte erhalten werden muss. Nun befindet sich aber der Schmelzpunkt des Roheisens etwa bei 1915 Grad, derjenige des Platins bei 2534 Grad, und der grösste Hitzegrad, den man in einem Hochofen erzeugen kann, mag etwa 2850 Grade erreichen.

Nimmt man nun die bis jetzt beobachtete Zunahme der Wärme als im Mittel auf je 30 Meter einen Grad betragend an, so erhält man bei einer Tiefe von 45000 Metern schon eine Temperatur, die der Schmelzhitze des Roheisens nicht zu entfernt ist, und bei welcher die meisten Mineralien und Gesteine in Fluss gerathen.

Es ist mithin, wenn man nur die Schmelzhitze der trockenen Sub- §. 51.
stanzen in Betracht zieht, wahrscheinlich, dass die Erde eine etwa 45000 Meter oder etwa 6 geographische Meilen dicke Kruste besitze, innerhalb welcher ein feuerflüssiger Kern steckt. Ob durch die Durchdringung eines Theils der Erdkruste von Wasser und Wasserdampf diese

Dicke der Erdkruste nicht bedeutend vermindert werde, ist eine andere Frage, auf die man freilich nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse mit einem vermuthlichen Ja antworten kann. Die Schmelzbarkeit der meisten Mineralien und namentlich derjenigen, welche in grösster Menge die untersten Lagen der Erdkruste bilden, wird nämlich durch Wassergehalt ausserordentlich gesteigert. Da nun das Wasser in einer Tiefe von $2^1/_2$ geogr. Meilen etwa als Dampf existiren muss, so dürfte es auch wahrscheinlich sein, dass die feste Erdkruste keine grössere Dicke hätte. Der feuerflüssige Kern indessen, welcher in dieser Rinde steckt, muss einem ungeheuren Drucke ausgesetzt sein, weshalb auch die Substanzen, trotzdem dass sie wirklich in geschmolzenem Zustande vorhanden sind, dennoch eine ziemlich geringe Beweglichkeit ihrer einzelnen Theile darbieten müssen.

Manche Erscheinungen weisen uns darauf hin, dass allerdings ein solcher feuerflüssiger Kern existirt. Wir verstehen unter dem Namen Lava eine Menge von verschiedenen Gesteinen, welche in geschmolzenem Zustande aus Spalten der Erde, aus sogenannten Vulcanen hervorbrechen. Die Messungen, welche man über die Schmelzhitze der Lava angestellt hat, sind bis jetzt nur an erkaltender Lava vorgenommen worden, beweisen aber eine Hitze, die der Schmelzhitze des Roheisens gleich, wenn nicht bedeutender ist, also etwa 2000 Grad beträgt. Da die Lava einem starken Drucke ausgesetzt ist, wie ihr Hervorquellen durch Schlote und Risse beweist, die mehrere tausend Fuss über dem Niveau des Meeres sich öffnen, so muss auch die Hitze im Inneren noch einen bedeutenderen Grad erreichen, als sie an der Oberfläche besitzt. Berechnet man hiernach die Tiefe, aus welcher die Lava hervorkommt, nach der Mittelzahl von 30 Metern auf einen Grad, so würde man eine Tiefe von 60000 Metern oder etwa 9 geographischen Meilen erhalten. Es ist indessen wahrscheinlich, dass die Dicke der Erdkruste nicht überall eine gleiche ist und dass selbst hier und da zwischen ihr und dem inneren Kerne Räume existiren mögen, welche gleichsam Seen von feurig flüssiger Masse bilden, die mit leichter schmelzbaren Stoffen angefüllt sind.

§. 52. Astronomische Berechnungen über die Nutation der Erdaxe und die Procession der Tag- und Nachtgleiche haben erkennen lassen, dass beide Erscheinungen in anderer Weise hervortreten müssten, wenn die Erde entweder ganz feuerflüssig oder ganz fest wäre, während dagegen bei der Zusammensetzung aus einer starren Rinde und einem feuerflüssigen inneren Kerne nur dann der berechnete Werth dieser Bewegungen mit ihrem wirklichen Betrag übereinstimmen könnte, wenn die Dicke der festen Erdkruste nicht wenigstens ein Viertel des Erdradius oder etwa 1600000 Meter (etwa 216 geographische Meilen) betragen würde. Dass diese Zahl bei weitem zu hoch ist, scheint wohl aus den übrigen Verhältnissen hervorzugehen, wenn man nicht etwa annehmen

will, dass die in dieser Weise verdickte Erdkruste gleichsam ein Netzwerk bildet, innerhalb dessen sich verschiedene Blasenräume befinden, die mit einander in keinem Zusammenhange stehen und mit feuerflüssiger Lava gefüllt sind, aus welchem die Vulcane gespeist werden.

Auch auf dem experimentellen Wege hat man versucht, Aufschluss §. 53.
über die Erscheinungen zu erhalten, welche die Erde bei ihrem allmähligen Erkalten dargeboten haben muss. Buffon schon hatte sich mit derartigen Versuchen beschäftigt, indem er Kugeln von Schmiedeeisen bis zur Weissglühhitze erwärmte und dann die Zeit bestimmte, welcher sie zum völligen Erkalten bedurften. Da zur damaligen Zeit aber die Gesetze über die Leitung und Ausstrahlung der Wärme noch nicht festgestellt waren, da man ausserdem keine Idee von den mathematischen Berechnungen der Wärmeerscheinungen hatte und Buffon noch obenein ein sehr unzweckmässiges Material gewählt hatte, das metallische Eisen, welches eine bei weitem grössere Leitungsfähigkeit besitzt als die Erdmasse, so musste Buffon nothwendig auf durchaus unrichtige Resultate gelangen. Indessen kam er trotz aller dieser Beobachtungsfehler dennoch zu dem Schlusse, dass während der Erkaltung der Erde wenigstens ein Zeitraum von 76000 Jahren verflossen sein müsse, eine Berechnung, welche damals, wo man noch ganz von anderen Vorstellungsweisen über die Länge der Erddauer erfüllt war, ein allgemeines Staunen erregte. Buffon erschreckte seine Zeitgenossen zugleich durch den Schluss, zu dem er geführt wurde, dass die Erkaltung der Erde noch jetzt beständig fortdauere, dass demnach die Klimate sich zunehmend verschlechterten und dass nothwendig ein Zeitpunkt eintreten müsse, wo die jetzigen Schöpfungen durch Frost zu Grunde gehen würden. Wir werden im Weiteren sehen, dass die Ausstrahlung der inneren Erdwärme, welche noch jetzt fortdauert, so unbedeutend ist als möglich und dass dieselbe zur Erhöhung der Klimate durchaus nichts beiträgt, indem diese einzig und allein von der Sonnenwärme abhängen.

Aehnliche Versuche, wie die Buffon'schen, wurden von Bischoff angestellt und zwar mittelst grosser Kugeln von geschmolzenem Basalt, eine Masse, die der Erdsubstanz begreiflicherweise weit mehr entspricht. Bischoff beschäftigte sich hauptsächlich damit, zu bestimmen, welche Temperaturgrade im Inneren dieser Kugeln existirten, sobald die Erkaltung schon einige Zeit gedauert hatte. Er fand in einer Kugel von 27 Zoll Durchmesser 48 Stunden nach dem Gusse, wo demnach durch die Ausstrahlung die ursprüngliche Schmelzhitze fast verloren war und die Basaltkugel sich einigermaassen dem jetzigen Erdzustande näherte, folgende Wärmegrade:

Im Mittelpunkte	153,5° R.
4,5 Zoll vom Mittelpunkte . . .	136,0 »
6,75 Zoll vom Mittelpunkte . . .	124,9 »
9,0 Zoll vom Mittelpunkte . . .	109,8 »

Vergleicht man diese Zahlen untereinander, so ergiebt sich, dass die Temperatur um so gleichförmiger ist, je näher man dem Mittelpunkte kommt und dass die Zunahme von Aussen nach Innen stets geringer wird, so dass die Isothermen-Schichten einer solchen sich abkühlenden Basaltkugel um so dicker werden, je mehr man sich dem Mittelpunkte nähert; — ein Verhältniss, welches, wie wir oben sahen, auch für die Erde wahrscheinlich ist.

§. 54. Die Lava, welche aus den Vulcanen ausfliesst, erkaltet gewöhnlich sehr schnell an ihrer Oberfläche und bedeckt sich mit einer harten, wenig leitenden Schlackenkruste, unter welcher die feuerflüssige Masse langsam erkaltet. Im Anfange des Auswurfes ist die innere Masse des Lavastromes gewöhnlich noch so flüssig, dass ihr Gewicht von Zeit zu Zeit die Schlackendecke durchbricht und die Masse sich auf diese Weise einen weiteren Weg bahnt. Man hat Beispiele, dass die Bewohner von Häusern, welche plötzlich durch einen solchen Lavastrom umzingelt wurden, sich über die harte und schon erkaltende Kruste aufs feste Land retteten, während ihr Haus hinter ihnen in Flammen aufging, weil es mit der inneren glühenden Masse des Lavastromes in Berührung kam. Wenn wir annehmen, dass die Erde sich zu einer gewissen Zeit in vollständigem feurigen Flusse befand, so werden ähnliche Erscheinungen stattgefunden haben: die feuerflüssige Masse bedeckte sich, sobald einmal die Erkaltung bis auf einen gewissen Punkt vorgeschritten war, mit einer starren, wenig leitenden Kruste, durch welche hindurch die Ausstrahlung weit geringer war, so dass im Inneren der starkleitende feuerflüssige Kern fortglühte. Lavaströme des Aetna, welche etwa 20 Meter Dicke besassen, brauchten zehn Jahre und mehr, ehe sie vollständig erkaltet waren; wendet man diese Angabe zur Berechnung der Erkaltung der Erde an, indem man annimmt, dass eine 20 Meter dicke Kugel (also von 10 Meter Halbmesser), aus Lava gebildet, zu ihrer Erkaltung 10 Jahre gebrauche, so gelangt man zu der ungeheuren Zahl von 4,057,690,000,000 Jahren für die Erde. Diese Zahl würde indess das Maximum der Dauer ergeben und jedenfalls schon aus dem Grunde zu gross sein, weil eine Kugel, die auf allen Punkten ihrer Peripherie Wärme ausstrahlt, bei weitem schneller erkaltet, als eine Schicht von gleichem Durchmesser, welche nur eine geradlinige Oberfläche besitzt, die der Strahlung unterworfen ist. Mag man aber auch, um der deshalb nöthigen Correction zu genügen, einige Nullen von der Zahl wegstreichen, so bleiben immer noch Millionen von Jahren, für deren Dauer unsere Einbildungskraft kein Maass hat.

Eine wesentliche Frage, die zu beantworten noch übrig bleibt, ist die über das Ende dieses Zustandes der Erkaltung. Ist es wahr, wie Buffon glaubte, dass dieselbe so bedeutend ist, dass dadurch eine vollständige Zerstörung der jetzigen Schöpfung durch den Frost bedingt werden könne, oder ist schon jetzt die Erhöhung der Klimate durch die innere Erdwärme so unbedeutend, dass ein gänzliches Wegfallen dieses Factors keinen Unterschied mehr machen würde? Zur Beantwortung dieser Frage scheint es nöthig, zu bestimmen, wie gross die Wärmequantität sei, welche der Boden in einem bestimmten Zeitmaasse verliert. E. de Beaumont hat vor einigen Jahren diese Berechnung ausgeführt, die besonders auf der Berücksichtigung der specifischen Wärme und der Leitungsfähigkeit des Bodens, verbunden mit der Zunahme der inneren Erdwärme, beruht, und die Resultate wurden von Poisson, dem grössten Mathematiker unserer Zeit, anerkannt. Es ergab sich, dass der Wärmestrom, welcher in Paris aus dem Boden in die Atmosphäre sich ergiesst, hinreichend sein würde, eine Wassersäule von 0,48 Meter Höhe um einen Grad des hunderttheiligen Thermometers zu erwärmen, oder, um der Sache eine reelle Anschauung zu geben, dass diese Wärme eine Schicht Eis von $6^1/_2$ Millimeter Höhe auf dem Boden schmelzen würde. Wie man sieht, ist diese Quantität Wärme nur höchst unbedeutend und kann in gewöhnlichen Verhältnissen ganz ausser Acht gelassen werden. §. 55.

Es geht nun aus allem diesem hervor, dass die innere Erdwärme die mittlere Temperatur der Klimate nur um $^1/_{30}$ Grad erhöht und dass demnach, wenn die Erde vollständig erkaltet sein wird, die mittlere Temperatur der Oberfläche nur um $^1/_{30}$ Grad tiefer stehen wird als jetzt. Eine solche Verminderung der Wärme ist durchaus irrelevant, und es kann mithin von dieser Seite her auch nicht die mindeste Veränderung des jetzt bestehenden Zustandes drohen. Dass eine solche Veränderung auf eine indirecte Weise sich herstellen könne, darf indess nicht geleugnet werden; es ist leicht einzusehen, dass die heissen Quellen, die Vulcane, überhaupt alle Erscheinungen, welche mit der Existenz einer grösseren Wärme im Inneren der Erde in Verbindung stehen, aufhören müssen, und dass aus diesem Grunde Veränderungen sich bilden werden, die von bedeutendem Einflusse auf die Oberfläche sein müssen. Diese selbst aber tritt bei diesen Veränderungen nicht in das Mittel, und wir können deshalb mit voller Bestimmtheit sagen, dass der Wärmezustand auf der Oberfläche der Erde in einem permanenten Zustande ist und schon seit langer Zeit in demselben verharrt. §. 56.

Es kann für die kosmogonischen Theorien von Wichtigkeit werden, zu untersuchen, wie lange die Zeit der Erkaltung der Erde schon dauert, und somit auch zu bestimmen, seit wie lange her schon die Erde in einem für organische Wesen bewohnbaren Zustande sich befindet. §. 57.

Diese Rechnung ist ausführbar, und es lässt sich mit der grössten

Evidenz nachweisen, dass im Falle, wo seit dem Beginne der Erkaltung erst 6000 Jahre verflossen wären, die Temperatur der ganzen Erdkugel im Beginne ihrer Erhitzung nur 34,015 Grad betragen haben würde, d. h. 23,415 Grad mehr als die Bodentemperatur von Paris, welche 10,6 Grad beträgt, und die etwa als die mittlere Temperatur der ganzen Erdoberfläche angenommen werden kann. Man kann diese Zahlen leicht weiter ausführen; nimmt man an, dass die Erkaltung schon seit 60000 Jahren anhalte, so würde dies auf eine ursprüngliche Temperatur der Erde von 74°,05 C. führen. Buffon nahm, wie früher bemerkt wurde, 76000 Jahre an; allein auch diese Zahl würde erst eine ursprüngliche Temperatur von 87°,307 C. ergeben; mithin eine Erwärmung, die nicht einmal derjenigen des siedenden Wassers gleichkommt, und die mithin jedenfalls für die Erklärung der geologischen Phänomene viel zu gering ist. Dreimalhunderttausend Jahre würden erst eine ursprüngliche Temperatur von 165°,5 ergeben, mithin immer noch zu Zahlen führen, welche gar nicht berücksichtigt zu werden brauchen. Nimmt man dagegen an, dass die Erde ursprünglich bis zum feuerflüssigen Zustande erhitzt gewesen sei, eine Annahme, die von mehreren Seiten her geboten wird und die mit allen bis jetzt bekannten geologischen Thatsachen im Einklange steht, und setzt man diese Temperatur nur zu 3000 Graden, einem Wärmegrade, den wir noch jetzt hervorbringen können, so ergiebt sich daraus eine Zeitdauer von 98 Millionen und 490,000 Jahren, eine Zahl, die immer noch weiter geht, als unsere Vorstellungskraft. Nach dieser Grundzahl berechnet, würde sich die Erde jährlich um $^1/_{6,247,200,000}$ eines Grades des hunderttheiligen Thermometers erkalten; es würden demnach mehr als 6 Billionen Jahre verfliessen müssen, bevor die Temperatur der Erde um einen Grad abnähme.

§. 58. Die numerischen Anwendungen der aus Rechnungen über die Wärme abgeleiteten Formeln können auf das mannigfachste vervielfältigt werden, und alle diese Ergebnisse müssen, sobald nur die Prämissen richtig sind, die gleiche mathematische Gültigkeit besitzen. So hält es leicht, zu erweisen, dass das Innere der Erdkugel und namentlich der Mittelpunkt sich etwa dreitausendmal schneller erkalten muss als die Oberfläche, und dass das Verhältniss zwischen dem Wärmeverlust des Inneren und demjenigen der Oberfläche in verschiedenen Epochen nothwendig verschieden gewesen sein muss. Man kann sich leicht eine Vorstellung dieser Verhältnisse machen, wenn man die Erkaltung einer glühend gemachten Kanonenkugel beobachtet. Im Momente, wo dieselbe aus der Esse gezogen wird, verliert die Oberfläche eine ungeheure Quantität Wärme, und bald wird durch diese sehr active Ausstrahlung eine mehr oder minder dicke Schicht so weit erkaltet, dass man die Kugel in die Hand nehmen könnte. Im Inneren der Kugel erhält sich noch lange ein höherer Hitzegrad, und nur nach und nach sinkt auch das Centrum zu

der Temperatur des umgebenden Elements herab, bei welcher die Oberfläche schon lange angelangt ist. Sobald demnach an der Oberfläche die erste Periode der heftigen momentanen Ausstrahlung beendet ist, so besitzt das Innere mehr Wärme, und um dieselbe zu verlieren und auf gleichem Grade mit der Oberfläche anzukommen, muss es auch mehr Wärme abgeben als die Oberfläche. Zu einer gewissen Zeit müssen beide Theile der Kugel, das Innere wie die Oberfläche, genau gleichviel Wärme verlieren, während früher der Ueberschuss der Wärmeabgabe auf die Oberfläche, später auf das Innere fällt. Man kann nun finden, dass die Zeit, welche das Gleichgewicht zwischen diesen Verlusten bezeichnet, etwa 40,000 Jahre nach dem Beginne der Erkaltung eingetreten sein muss, und dass zu jener Zeit die mittlere Temperatur der Erde an ihrer Oberfläche 15 Grad wärmer sein musste als jetzt.

Es unterliegt aber keinem Zweifel, dass mit einer solchen mittle- §. 59.
ren Temperaturerhöhung von 15 Graden das organische Leben auf der Erde nicht unverträglich ist, sondern dass vielmehr eine sehr üppige Thier- und Pflanzenwelt dabei gedeihen kann, etwa wie jetzt unter dem Aequator stattfindet. Es ist deshalb durchaus nicht unmöglich, dass zu jener Zeit die Schöpfung der ältesten Thier- und Pflanzenformen begonnen habe. Freilich mussten damals durchaus andere Verhältnisse hinsichtlich der physikalischen Verhältnisse der Erde herrschen als jetzt; die Wärme nach innen zu musste per Meter um 15 Grade zunehmen, während sie jetzt nur um $^1/_{30}$ Grad per Meter zunimmt. Allein bei so schneller Zunahme ist es leicht einzusehen, dass man mit 100 Meter Tiefe schon bei einer Temperatur von 1500 Graden ankommt, d. h. bei einer Hitze, welche hinreicht, um die meisten erdigen und mineralischen Substanzen zu schmelzen und in feuerflüssigen Zustand zu bringen. Es musste demnach die Erde damals kaum eine Rinde von 100 Metern Dicke haben, und das ganze Innere musste flüssig sein, so dass die Erde im Ganzen ein Ei darstellte, dessen Schale durch die feste Erdkruste, der Dotter durch den flüssigen Kern dargestellt wird.

Es darf nicht unterlassen werden, hier nur kurz auf die mechani- §. 60.
schen Folgen der Erkaltung der Erde aufmerksam zu machen, die wichtig genug sind, um die Geologie bedeutend in Anspruch zu nehmen. Fast alle Körper nämlich dehnen sich durch die Wärme aus und ziehen sich durch die Kälte zusammen, und nur das Wasser macht eine merkwürdige Ausnahme von dieser Regel, die indessen auch so ziemlich schwindet, wenn man die mathematische Serie seiner Ausdehnungsgrade in weitere Grenzen ausdehnt als gewöhnlich. Der Erdkern, der jetzt noch einem bedeutenden Hitzegrade ausgesetzt ist und der noch immer viel Wärme verliert, während diese Quantität viel geringer und fast Null für die Oberfläche ist, der Erdkern muss sich demnach mit zunehmender Erkaltung auch mehr und mehr zusammenziehen, und

so muss von Zeit zu Zeit die feste Rinde zu gross sein. Die einfache Folge dieses Verhältnisses werden Risse und Spalten sein, die sich bilden, indem die Kruste zerreisst, da sie bei der Zusammenziehung nicht mehr denselben Raum einnimmt wie früher. Auch sehen wir in der That, dass alle geschmolzenen Gebirgsarten, welche offenbar früher feuerflüssig waren oder doch einer bedeutenden Hitze ausgesetzt blieben, durch die Erkaltung sich spalten und Risse nach allen Richtungen hin zeigen. Die Massen, welche total feuerflüssig waren, wie der Basalt, zeigen oft so regelmässige Abkühlung und eine so regelmässige Progression der Zusammenziehung, dass daraus auch Risse hervorgegangen sind, welche mehr oder minder regelmässige Richtungen zeigen. Es kann hier nur angedeutet werden, welchen Einfluss diese Thatsachen auf manche geologische Theorien haben müssen; es wird sich später noch manche Gelegenheit zu ihrer Anwendung finden.

§. 61. Eine letzte Frage, auf welche man noch Rücksicht nehmen muss, ist die, ob nicht im Inneren der Erde eine beständige Wärmequelle vorhanden ist, welche die Erkaltung, welche wir statuirt haben, noch weiter hinausschiebt. Es kann nicht geleugnet werden, dass manche Umstände für eine solche Annahme sprechen; allein jede Hypothese über eine solche innere Quelle der Wärme ist vor der Hand unzulässig, da wir keine Idee über die Quelle selbst, noch über die Grösse ihres Productes haben können. Jedenfalls aber giebt es Verhältnisse, aus welchen eine solche entspringen könnte, und schon unsere Annahme eines feuerflüssigen Kernes und einer beständig zunehmenden Solidification desselben scheint eine solche nothwendig zu bedingen. Bekanntlich nämlich entbinden die flüssigen Körper, sobald sie in den festen Zustand übergehen, eine bedeutende Quantität Wärme, die je nach den Verhältnissen der einzelnen Körper wechselt. So entbindet das Wasser, indem es zu Eis wird, eine so bedeutende Quantität Wärme, dass dadurch ein gleiches Volumen Wasser zu 69° Graden erhitzt werden kann, und es ist demnach natürlich, dass die zunehmende Erstarrung des feuerflüssigen Erdkernes, während sie einestheils das Resultat einer zunehmenden Erkaltung ist, doch wieder andererseits eine Quelle von Wärme ist, weil eben die geschmolzene Masse bei ihrer Erstarrung und bei der Veränderung ihres Aggregatzustandes Wärme entbindet.

4. Atmosphärische Hülle der Erde.

§. 62. Die Erde ist in ihrem ganzen Umfange von einer dunstförmigen Hülle, der Atmosphäre, umgeben, welche aus elastisch flüssigem Gase besteht und durch die Schwere an der Erde zurückgehalten wird. Die Dichtigkeit der Atmosphäre nimmt, gegen den äusseren Raum hin, ab, indem die Anziehungskraft, welche die Erde auf sie ausübt, stets der Entfernung proportional geringere Einwirkung zeigt, wozu sich auch noch

der Umstand gesellt, dass vermöge der elastischen Natur der Gase die Masse der Atmosphäre durch sich selbst um so mehr zusammengedrückt wird, je näher die Schichten der Erdoberfläche sich befinden. Die Beziehungen der Meteorologie zur Geologie sind ziemlich mannigfaltig, indem die durch sie bedingten Erscheinungen, wie Regen, Orkane u. s. w., mancherlei Spuren auf der festen Erdrinde zurücklassen, und andererseits das organische Leben auf der Erde ohne eine solche dunstförmige Hülle nicht möglich wäre.

Die Atmosphäre besteht aus einem Gemenge zweier wesentlichen Gasarten, aus Sauerstoff und Stickstoff, und zwar finden sich in 100 Theilen vollkommen trockener atmosphärischer Luft, dem Gewichte nach 23,01 Theile Sauerstoff und 76,99 Stickstoff, dem Volumen nach 20,81 Sauerstoff und 79,19 Stickstoff. Auf dem festen Lande hat sich dieses Verhältniss überall vollkommen constant gezeigt, auf der Höhe von 22000 Fuss über dem Meere, welche Gay-Lussac mit dem Luftballon erreichte, auf Alpengipfeln, wie an dem Meeresstrande, in geschlossenen, mit Menschen überfüllten Räumen, wie an freien, jedem Winde ausgesetzten Orten. Nur auf dem offenen Meere hat man, wahrscheinlich in Folge der stärkeren Absorption des Sauerstoffs durch das Wasser, den Gehalt der Luft an Sauerstoffgas etwas geringer gefunden. Die Schwankungen, welche sonst in dem gegenseitigen Verhältnisse der beiden Hauptgase, des Sauerstoffs oder Stickstoffs, vorkommen könnten, liegen innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler unserer Analysen, welche ein Zehntheil Procent des Volumens freilich nicht überschreiten. Gerade dieses Zehntel Volumprocent aber, innerhalb dessen die Beobachtungsfehler schwanken, würde allein hinreichen, um das gesammte Menschengeschlecht auf der ganzen Erde für 10000 Jahre mit Sauerstoff zu versorgen, selbst wenn keine Erneuerungsquelle desselben vorhanden wäre. §. 63.

Ausser diesen beiden constanten Gasen enthält die Atmosphäre noch eine geringe Menge von Kohlensäure, die etwa dem Gewichte nach zwichen 0,08 bis 0,06 schwankt. Im Allgemeinen scheint dieser Kohlensäuregehalt nur da eine Verringerung zu erleiden, wo durch grössere Wasserflächen eine bedeutendere Absorption der Kohlensäure stattfindet, so dass die Quantität der Kohlensäure über grösseren Seen bedeutend geringer ist und auf offenem Meere fast auf Null herabsinkt. Der Kohlensäuregehalt scheint trotz der grösseren Schwere dieses Gases kaum grösser in der Tiefe als auf den Gebirgen. Nur in der Nacht scheint ein Unterschied in dieser Hinsicht bemerkt werden zu können, was hauptsächlich von der Einwirkung der Vegetation abzuhängen scheint. Die geringe Variabilität der Menge der Kohlensäure in der Luft könnte allerdings befremden, da dieses Gas beständig auf Kosten des Sauerstoffs sowohl bereitet, als auch durch selbstständige Erdprocesse in bedeutender Masse der Atmosphäre zugeführt wird. Der Zer- §. 64.

setzungsprocess aller organischen Substanzen, das Verbrennen und Verwittern der Pflanzen, das Faulen der Thierkörper läuft zuletzt darauf hinaus, den in den organischen Substanzen stets enthaltenen Kohlenstoff mit dem Sauerstoff der Luft zu verbinden und auf diese Weise in gasförmigem Zustande als Kohlensäure der Atmosphäre zuzuführen. Ebenso liefert das Athmen der Thiere eine ungeheure Quantität Kohlensäure und noch grössere Mengen vielleicht werden durch kohlensaure Quellen und vulcanische Ausströmungen der Luft zugeführt. Wenn nun gleich die Menge des in der ganzen Atmosphäre aufgespeicherten Sauerstoffs so gross ist, dass bei beständiger Fortdauer aller dieser Processe es eines Zeitraumes von 800000 Jahren bedürfte, um diesen Sauerstoff zu verzehren, so ist doch leicht ersichtlich, dass ohne stete Wegnahme der Kohlensäure und ohne Regeneration des Sauerstoffs nach und nach eine Aenderung in dem Verhältnisse der Mischung der Atmosphäre eintreten müsste. Eine directe Wegnahme der in der Luft befindlichen Kohlensäure findet aber durch die atmosphärischen Niederschläge statt, deren Wasser stets eine gewisse Quantität der in der Luft schwebenden Kohlensäure auflöst. Eine Regeneration des Sauerstoffs geschieht durch den Athmungsprocess der Pflanzen, welcher demjenigen der Thiere geradezu entgegengesetzt ist, indem die Pflanze Kohlensäure einsaugt und namentlich unter dem Einflusse des Sonnenlichtes Sauerstoff ausathmet. Es findet auf diese Weise gewissermaassen ein beständiger Kreislauf der Kohlensäure innerhalb der Atmosphäre statt, durch welchen die Kohlensäure, welche theils direct von der Erde ausgehaucht, theils durch den Verbrennungs-, Fäulniss- und Athmungsprocess organischer Substanzen auf Kosten des Sauerstoffs gebildet wird, entweder durch den Regen und den Thau der Erde wieder zugeführt oder durch den Athmungsprocess der Pflanzen in Kohlenstoff und Sauerstoff zerlegt wird, welcher letztere sich wieder der Luft einverleibt. Aus den bisherigen Analysen des Kohlensäuregehaltes der Luft scheint hervorzugehen, dass in der jetzigen Zeit diese beiden Momente der Bildung und Wegführung der Kohlensäure einander das Gleichgewicht halten, während aus anderen Erscheinungen hervorzugehen scheint, dass in gewissen früheren Zeiten der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre ungemein viel bedeutender war und dass vielleicht erst durch die ausserordentliche Entwickelung des Pflanzenlebens in der Kohlenzeit das heutige Gleichgewicht herbeigefürt wurde.

§. 65. Hat die Atmosphäre eine Grenze oder gehorcht sie bis in die äussersten Entfernungen dem Mariotte'schen Gesetze, wonach die Dichtigkeit der Atmosphäre im Quadrate der Entfernungen abnimmt, mit anderen Worten, bildet sie eine bestimmt in sich abgeschlossene Umhüllung des Erdballes oder verbreitet sie sich, stets mehr und mehr an Dichtigkeit abnehmend, durch den ganzen Weltenraum, so dass sie gewissermaassen nur eine durch die Anziehung der Erde verdichtete

Anhäufung einer allgemeinen Raumatmosphäre darstellt? Die Beantwortung dieser Frage ist von grosser Wichtigkeit, indem es von dieser Beantwortung abhängt, ob man einen aus bestimmten Gasen zusammengesetzten Aether annehmen muss, der den Raum erfüllt, oder ob man die Atmosphäre nur für einen Theil der Erde halten darf, welcher mit dieser im Raume sich dreht. Früher schon behauptete Wollaston, dass alle Atmosphären, welche wir etwa um Himmelskörper kennen, vollkommen begrenzt seien, dass die Abnahme der Verdichtung bei allen Gasarten eine bestimmte Grenze habe, dass die Elasticität an dieser Grenze aufhöre und dass das Gas sich dort mehr wie eine tropfbar flüssige, aber in's Unendliche zertheilte Flüssigkeit verhalte, deren Atome durch keine Expansionskraft mehr von einander entfernt würden.

Ein sehr einfacher Versuch von Faraday scheint diese Annahme zu bestätigen. Faraday nahm eine langhalsige Flasche, in welcher unten am Boden einige Tropfen Quecksilber sich befanden und an deren Stöpsel ein Goldblättchen befestigt wurde. Im Sommer bei warmer Temperatur, die bekanntlich die Elasticität der Gase sehr erhöht, wurde das Goldblättchen gebleicht; die Quecksilberdämpfe erhoben sich demnach bis zu dem Stöpsel. Im Winter aber, wenn man die Flasche in der Kälte hielt, zeigte das Goldblättchen nicht die mindeste Veränderung. Es war mithin offenbar, dass die Quecksilberdämpfe sich nicht mehr bis zum Stöpsel erhoben, sondern eine bestimmte obere Grenze zeigten, über welche sie in der Kälte nicht hinausgingen. Der nämliche Versuch wurde in der Art wiederholt, dass man concentrirte Schwefelsäure auf den Boden des Glases goss und oben ein Zinkblättchen anbrachte. Das Resultat war dasselbe. In der Kälte erhob sich die Atmosphäre des Schwefelsäuregases nicht bis zu dem Metalle, das durchaus nicht angegriffen wurde, während in der Wärme es sogleich corrodirt wurde. §. 66.

Aus verschiedenen Erscheinungen lässt sich nachweisen, dass die Erdatmosphäre allerdings eine bestimmte Grenze haben müsse und dass ihre Gestalt, ähnlich derjenigen des Erdkörpers, diejenige eines Rotationssphäroids sein müsse, welches freilich eine noch stärkere Abplattung besitzt als der Erdball, so dass demnach die Atmosphäre an dem Aequator eine bedeutend grössere Höhe haben muss als an den Polen. Die wahre Grenze der Atmosphäre muss da sein, wo die Wirkung der Schwerkraft, welche die Lufttheilchen an die Erde anzieht, die Elasticität oder Expansivkraft, welche sie von der Erde zu entfernen strebt, in der Weise überwindet, dass die Lufttheilchen verhindert werden, in dem leeren Raume sich weiter zu vertheilen. Die Expansivkraft vermehrt sich bei steigendem Druck und bei steigender Temperatur, ist also, da sowohl Druck als Temperatur in den oberen Luftschichten abnehmen, um so geringer, je weiter man sich von der Erde entfernt. Wenn man demnach das Gesetz der Abnahme des Druckes §. 67.

und dasjenige der Abnahme der Temperatur in den höheren Schichten der Atmosphäre kennte, so würde man hieraus die Grenze derselben berechnen können. Leider ist aber der letztere Factor durchaus unbekannt und das Maass des ersteren nur auf geringe Höhen hin nachgewiesen, so dass sich keine sichere Berechnung darauf gründen lässt. Dagegen lässt sich ein Maximum der Höhe der Atmosphäre allerdings bestimmen, wenn man die Rotation der Erde zu Hülfe nimmt. Die Atmosphäre selbst dreht sich mit dem Erdball, darüber kann kein Zweifel sein. Wenn demnach die Atmosphäre nicht begrenzt wäre, sondern stets abnehmend den Raum erfüllte, so müsste in einer bestimmten Höhe eine Trennung zwischen den rotirenden Lufttheilen und den im Raume ruhenden Lufttheilen stattfinden, indem die Bewegung sich nicht bis in's Unendliche fortsetzen kann. Man ersieht leicht, dass dieses nicht möglich ist und dass demnach das Maximum der Atmosphäre durch die Grenze gegeben ist, wo die Centrifugalkraft, welche von der Rotation der Erde erzeugt wird, die Anziehungskraft der Erde selbst überwiegt. Diese Grenze würde sich unter dem Aequator etwa in einer Höhe von 5,61 Erdhalbmessern oder 4820 geographischen Meilen finden. Andererseits lässt sich bei der Voraussetzung, dass die Atmosphäre bis an ihre obere Grenze die Dichtigkeit ihrer tiefsten Schicht behalte, aus der Höhe des Barometers am Meeresstrande und aus der Vergleichung des specifischen Gewichts der Luft mit demjenigen des Quecksilbers das Minimum der nothwendigen Höhe der Atmosphäre und zwar auf eine geographische Meile berechnen. Man sieht also, dass die Wahl zwischen diesen beiden Daten einen bedeutend grossen Spielraum lässt, wie denn auch andere Berechnungen aus der Grenze der Dämmerung nach Sonnenuntergang und anderen Grundlagen die Höhe der Atmosphäre bald zu vier, bald zu sieben, bald zu neun, ja selbst bis zu siebenundzwanzig geographischen Meilen angeben.

Ebenso ergeben die Berechnungen der Abplattung der Atmosphäre an den Polen bald $^1/_{177}$, bald $^1/_{254}$, so dass man wohl sieht, wir können sagen, es muss eine Grenze der Atmosphäre und eine Abplattung derselben existiren, wir können aber genauer weder die eine, noch die andere bestimmen.

§. 68. Von bedeutendem Einflusse auf die Erscheinungen, welche von der Atmosphäre bedingt werden, ist der Gehalt derselben an Wasserdampf, der freilich in noch weit bedeutenderem Grade veränderlich ist, als der Gehalt an Kohlensäure. Diese Menge hängt hauptsächlich von der Temperatur und von der Dichte der Luftschicht ab. Die wesentlichste Quelle, durch welche das Wasser in Dampfgestalt in die Atmosphäre gelangt, ist die Verdunstung. Man findet deshalb, dass an der Oberfläche grösserer Wassermassen, wie z. B. des Meeres oder grösserer Seen, die Luft fast beständig mit Wasserdampf gesättigt ist, dass bei Tage der stärkeren Verdunstung durch die Sonnenstrahlen wegen der

Gehalt grösser ist als bei Nacht, im Sommer grösser als im Winter, am Aequator beträchtlicher als an den Polen, in Tiefebenen bedeutender als auf hohen Gebirgen. Enthält die Luft die grösstmöglichste Menge von Wasserdampf, oder ist sie damit gesättigt, so kommen auf hundert Gewichtstheile einer solchen gesättigten Luft bei einem Barometerstande von 0,74 Meter und einer Temperatur von

— 50 C.	. . .	0,20	Theile Wasserdampf.
0	. . . .	0,30	" "
+ 5	. . . .	0,45	" "
10	. . . .	0,66	" "
15	. . . .	0,95	" "
20	. . . .	1,35	" "
25	. . . .	1,88	" "
30	. . . ,	2,57	" "

Je näher die Atmosphäre diesem Punkte der Sättigung ist, desto geringer ist bei gleichbleibendem Drucke und Wärmegrade die Menge des auf der Erdoberfläche verdunsteten Wassers.

Ausser dieser beständig vorgehenden Verdunstung sind noch alle die Processe, welche auch Kohlensäure liefern, zur Vermehrung des Wassergehaltes der Atmosphäre thätig. An vielen Orten entströmt ausser der Kohlensäure Wasserdampf dem Boden; die heissen Quellen bringen eine grosse Menge desselben hervor; der Verbrennungs-, Zersetzungs- und Fäulnissprocess der organischen Körper, sowie das Athmen der Thiere, erzeugen auf Kosten des Sauerstoffs der Luft eine bedeutende Menge von Wasserdampf, da alle organischen Substanzen Wasserstoff enthalten, der sich bei ihrer Zersetzung oxydirt und Wasser bildet. Dieser gesammte Wassergehalt kehrt nun auf mannigfaltige Weise in Gestalt von wässerigen Niederschlägen oder Hydrometeoren, theils in tropfbar flüssiger Form als Thau, Nebel und Regen, theils in gefrorener Form als Reif, Schnee und Hagel auf die Erde zurück. Es bildet sich auf diese Weise ein vollständiger Kreislauf in den unteren Schichten der Atmosphäre, dessen Vermittlung hauptsächlich durch Winde und Wolken bedingt wird. Die Wolken sind gewissermaassen die Transportwagen, in welchen der zu kleinen Tröpfchen verdichtete Wasserdampf, der sich in einer gewissen Höhe durch die dort herrschende Kälte concentrirt hat, von dem Winde nach entfernteren Gegenden fortgeführt wird. Die Zonen unter den Wendekreisen, in der Nähe des Aequators, welche alle Bedingungen zu möglichst grosser Bildung von Wasserdampf vereinigen, nämlich ausgedehnte Meeresstrecken im Verhältniss zum festen Lande, hohen Temperaturgrad und möglichst grosse directe Einwirkung der Sonnenstrahlen, sind deshalb gewissermaassen wie ein Springbrunnen anzusehen, der beständig einen ungemeinen Strahl unsichtbaren Wasserdampfes entsendet, welcher gegen die Pole hin sich ausbreitet und dort, durch die

Kälte condensirt, in tropfbar flüssiger und fester Form sich ansammelt. Ein Theil der gefallenen Hydrometeore kehrt nun zwar immer wieder unmittelbar durch Verdampfung in die Atmosphäre zurück, ein anderer aber wird theils durch den Vegetationsprocess chemisch gebunden, theils auch unmittelbar von dem porösen Boden absorbirt und dringt so in die Tiefe ein, von wo aus er die Quellen und laufenden Gewässer speist. Dieses Eindringen ist begreiflicher Weise je nach den verschiedenen Gesteinsarten verschieden. Sand und Geschiebe lassen unmittelbar bis auf alle Tiefen durchsickern, während massige Gesteine gewöhnlich nur durch Klüfte und Spalten das Wasser nach unten abfliessen lassen, Thon und Mergel aber seinem Durchdringen oft absolute Hindernisse entgegensetzen. Indessen kann man doch im Allgemeinen sagen, dass der Boden bis auf alle Tiefen, welche man bis jetzt hat erreichen können, stets von Wasser durchdrungen wird, weshalb man denn auch in allen Bergwerken mehr oder minder von ansammelnden Grubenwassern zu leiden hat. Diese beständige Durchdringung der Gesteine mittelst langsam durchsickernder Wassermassen, welche stets von oben her aus der Atmosphäre ersetzt werden und sich je nach den Localitäten in grösseren oder geringeren Tiefen sammeln, ist bisher viel zu wenig von den Geologen in's Auge gefasst worden. Alle diese eindringenden Hydrometeore enthalten eine mehr oder minder bedeutende Quantität von Kohlensäure, sowie Spuren von Salpetersäure, von Ammoniak und von organischen Substanzen, welche sie bei ihrem Durchgang durch die Luftschichten absorbirt und in sich aufgelöst haben. Abgesehen von dem Einfluss des Wassers an sich, bilden demnach diese Tagwasser durch die Bestandtheile, welche sie einschliessen, ein chemisches Agens, welches zwar ausserordentlich langsam und mit geringen Quantitäten wirkt, dafür aber auch beständig diese schwache Wirkung ausübt, so dass im Laufe der Zeiten die Summe dieser Wirkungen endlich in überraschender Weise an den Tag tritt. Eine grosse Menge von Umbildungen der Gesteine, von Veränderung ihres Aggregatzustandes, ihrer Zusammensetzung, ja selbst ihrer Lagerung, die man bisher ungeheuren Revolutionen und Kataklysmen zuschreiben wollte, sind einzig diesem langsam stetig wirkenden Zersetzungsprocesse durch die Tagwasser zuzuschreiben.

§. 69. Der Niederschlag von Thau ersetzt an vielen Orten, besonders in wärmeren Gegenden, in welchen keine Wolken den Himmel zur Nacht decken, den Regen gänzlich. Der Thau entsteht bekanntlich durch eine hinlängliche Abkühlung des Erdbodens unter die Temperatur der unmittelbar darauf ruhenden Luftschicht und ist, wie man leicht beweisen kann, durch die Wärmeausstrahlung des Erdbodens gegen den wolkenleeren Himmel bedingt; seine Menge abzuschätzen, ist äusserst schwierig, zumal da dieselbe von so wechselnden Bedingungen, wie Wolkenbedeckung oder Windlosigkeit, in bedeutendem Maasse abhängt.

Leichter ist die Bestimmung der Menge desjenigen Wassers, welches in tropfbar flüssiger oder fester Form als Regen, Schnee oder Hagel aus der Atmosphäre niederfällt. Zu diesem Endzwecke bedarf es nur eines gegen die Verdampfung geschützten Reservoirs, welches die Menge des Wassers ansammelt, das auf eine genau gemessene Oberfläche jährlich niederfällt. Je nach den Localitäten ist die jährlich fallende Wassermenge ausserordentlich verschieden. Im Inneren der grossen Continente, wie namentlich in Persien, Arabien, in Mittelafrika und auch in Theilen der Küste von Peru regnet es nie. In unseren gemässigten Klimaten würde die jährlich fallende Wassermenge eine Schicht von 30 Zoll Höhe bilden; in vielen Tropenländern steigt trotzdem, dass 8 Monate lang kein Niederschlag fällt, die zur Regenzeit fallende Wassermenge bis auf 90, und an manchen Orten sogar bis auf 200 Zoll. Auf der Insel Chiloe, an der Südwestküste von Amerika, regnet es, so zu sagen, jeden Tag; — die Nordostküste von China, die Falklandinseln, die Küsten der Polarländer zeigen zwar verhältnissmässig wenig Regen, sind aber dafür beständig von dichten Nebelmassen eingehüllt.

Die Temperaturvertheilung in der Atmosphäre, sowohl der Höhe als der Flächendimension nach, ist schon deshalb von bedeutender Wichtigkeit für den Geologen, weil von ihr die Klimate und dadurch zum grossen Theil die Vertheilung des organischen Lebens auf der Erde abhängig ist. Wir führten schon früher an, dass man diejenigen Punkte, welche gleiche mittlere Jahreswärme besitzen, bei graphischer Darstellung durch Linien mit einander verbinden kann, die man Isothermen genannt hat. Die mittlere Jahrestemperatur ist hauptsächlich abhängig von der Lage des Ortes im Verhältniss zu dem Aequator, mithin von dem Breitegrade, unter welchem er liegt, und andererseits von der Höhe über dem Meeresniveau. Je mehr man an den Bergen in die Höhe steigt, desto mehr nimmt die mittlere Jahrestemperatur ab, und ein Gleiches findet bei successiver Annäherung von dem Aequator gegen die Pole hin statt. Man kann deshalb Höhenisothermen und Breitenisothermen unterscheiden. Beide Arten von Linien stimmen indessen durchaus nicht mit den Breitegraden oder mit den Höhenstufen genau überein. Bei Verfolgung der Breitenisothermen hat sich gezeigt, dass auf der nördlichen Halbkugel der Erde der Nordpol nicht der kälteste Punkt ist, sondern dass vielmehr zwei Kältepole existiren, ein asiatischer in der Nähe des Cap Taimura in Sibirien bei $79^1/_2$ Grad Breite und 120 Grad östlicher Länge von Paris — und ein amerikanischer in der Nähe der Barrowstrasse bei 78 Grad Breite und 97 Grad westlicher Länge. Um diese beiden Kältepole schlingen sich die Isothermen in Achterlinien oder Ellipsen herum, deren genauere Darstellung uns hier zu weit führen würde. Nur darauf müssen wir aufmerksam machen, dass in unseren gemässigten Gegenden gerade §. 70.

der Meridian von Paris und London diejenige Linie bildet, in welcher die Isothermen am meisten nach Norden in die Höhe gehen, so dass also unter diesem Meridian und in dessen Nähe die verhältnissmässig zu ihrer Breitenlage wärmsten Punkte auf der Erdoberfläche existiren.

Noch weit grösser sind die Abweichungen der *Höhenisothermen* von den wirklichen Maassen der Höhen selbst, was besonders von localen Verhältnissen der Gebirge abhängt. Bei einem isolirten Gebirgsstocke z. B. ist die Abnahme weit geringer als bei einer langen Kette, die ein bedeutendes Massiv bildet. Von besonderer Wichtigkeit ist unter den Höhenisothermen diejenige, welche man mit dem Namen der *Linie des ewigen Schnees* bezeichnet, und die im Allgemeinen diejenigen Punkte in der Atmosphäre verbindet, wo die mittlere Jahrestemperatur unter Null herabsinkt und die gefrorenen Niederschläge des Winters im Sommer nicht vollständig aufthauen. Es bildet diese Linie eine Curve, oder wenn man sie zu einer Fläche ausdehnt, eine sphäroidische Fläche von weit grösserer Abplattung als die Erdoberfläche, indem diese Höhengrenze des ewigen Schnees unter dem Aequator sich etwa auf 14800 Fuss befindet, während sie unter dem 71. Grade nördlicher Breite auf Mageroe sich bei 2200 Fuss Höhe findet, ohne indess selbst an dem Nordpole die Oberfläche der Erde wirklich zu berühren. Es verhält sich indess mit dieser Sphäroidfläche fast ebenso wie mit der genaueren Bestimmung der mathematischen Erdgestalt, indem eine Menge von Ursachen dieselben äusserst unregelmässig machen; — so steigt die Schneelinie auf der Schattenseite der Gebirge noch weit tiefer hinunter als auf der Sonnenseite, auf Hochebenen steigt sie höher hinauf als in Thalboden, an vereinzelten Gipfeln höher als an massigen zusammenhängenden Ketten, auf nackten Schiefer- und Felsflächen höher als auf grasigem Boden. Nimmt man an, dass in der Breite, wo die Schweizeralpen liegen, die mittlere Jahrestemperatur am Ufer des Meeres 12,2° betrage, so findet sich

die	Höhenisotherme	von	10°	in	einer	Höhe	von	1210	Fuss.
"	"	"	5	"	"	"	"	3960	"
"	"	"	0	"	"	"	"	6710	"
"	"	"	— 5	"	"	"	"	9460	"
"	"	"	—10	"	"	"	"	12210	"

§. 71. Aus der Vereinigung beider Verhältnisse, nämlich aus der Höhe und der geographischen Lage, gehen hauptsächlich die *Klimate* und damit die Veränderungen des organischen Lebens auf der Erde hervor. Dass die Begrenzung derselben nicht zu allen geologischen Epochen so war, wie sie sich heute zeigt, scheint aus vielfachen Thatsachen hervorzugehen, während auf der anderen Seite es mehr als wahrscheinlich ist, dass sich während derjenigen Zeit, welche unsere directen Untersuchungen umfassen können, die Klimate in keiner Weise geändert haben.

Zwar geht die allgemeine Volksmeinung dahin, dass das Klima der Erde sich allmälig verschlechtert habe, dass die Winter stets länger und kälter werden, vielleicht nur ein populärer Widerhall der allmälig zur Kenntniss der weiteren Volksschichten gelangten Ansichten Buffon's und seiner Zeit. So hat Arago nachgewiesen, dass seit Moses Zeiten, also seit 3300 Jahren, die Temperatur von Palästina sich nicht wesentlich geändert hat, indem zur damaligen Zeit schon einerseits der Wein dort noch cultivirt werden konnte, andererseits aber auch die Frucht der Dattelpalme vollkommen reifte und essbar wurde, was eine mittlere Jahrestemperatur von 21 — 22 Graden voraussetzt. Für ähnliche Berechnungen bieten in unseren gemässigten Klimaten der Weinstock, der Oelbaum, die verschiedenen Getreidearten gewissermaassen Thermometer dar, welche nachweisen, dass die Temperatur wenigstens nicht unter einen gewissen Grad herabgesunken, oder über einen anderen sich erhoben haben kann. Dies schliesst indess nicht aus, dass geringere Variationen im Laufe einzelner Jahresreihen stattfinden können, und in der That scheinen die Beobachtungen der neueren Zeit darauf hinzuweisen, dass nach 1830 die mittlere Jahrestemperatur in unseren Gegenden sich um ein Unbedeutendes hob, um später wieder auf ihren vorigen Standpunkt zu sinken. Viele locale Veränderungen dieser Art können indess erzeugt werden durch das Abholzen der Wälder, das Austrocknen von Seen und Morästen und die Veränderung der Bodencultur, überhaupt Verhältnisse, welche alle auf Ausstrahlung und Verdunstung aus dem Boden einen mächtigen Einfluss üben können.

Steigt man in frühere geologische Epochen zurück, so kann man namentlich aus der Vertheilung der Versteinerungen nachweisen, dass zwar im Allgemeinen schon ähnliche Begrenzungen der Faunen und Floren existirten, wie jetzt, dass aber dennoch, je mehr man in ältere Zeiten zurücksteigt, die Verschiedenheiten um so unbedeutender werden und stets mehr und mehr Arten sich finden, welche zu derselben Epoche über die ganze Erde vertheilt waren, was demnach auf eine grössere Gleichförmigkeit in der Vertheilung der Temperatur hinweist. Neben diesem Punkte tritt ein anderer hervor; die Klimate der früheren Zeitepoche sind im Durchschnitt bedeutend wärmer gewesen, als dies jetzt der Fall ist; — ein Resultat, welches dadurch bedingt scheint, dass die Ausstrahlung der inneren Erdwärme, die, wie wir früher gesehen haben, jetzt gar nicht mehr in Betracht kommt, um so bedeutender war, je näher der Erdkörper sich seiner feuerflüssigen Periode befand; wenn demnach die Klimate aus zwei Factoren hervorgehen, aus der Sonnenwärme und aus der inneren Erdwärme, und ihre Verschiedenheit durch die Stellung der Erde zur Sonne bedingt ist, so finden wir, wenn wir in ältere Erdepochen zurückgehen, dass der Factor der inneren Erdwärme stets bedeutender werden und demnach auch der Ein-

fluss der Sonnenwärme verhältnissmässig geringer und die Vertheilung der Wärme auf der Erde gleichförmiger werden musste.

Man hat auf vielfache Weise versucht, das Maass der Temperatur zu bestimmen, welches in früheren geologischen Epochen geherrscht haben muss, ist aber um deswillen hierbei auf Schwierigkeiten gestossen, weil man nur aus Analogien hinsichtlich der Pflanzen und Thiere schliessen konnte. Im Allgemeinen war man geneigt, diese Temperaturen viel zu hoch anzuschlagen, so dass einige Forscher selbst zu förmlichen Absurditäten gelangt sind. So schloss man aus der Gegenwart von Elephanten und Nashörnern, deren der jüngsten Tertiärzeit angehörende Reste in grosser Menge in Sibirien angehäuft liegen, dass dort eine fast tropische Temperatur in jener Epoche geherrscht haben müsse, während man jetzt nachgewiesen hat, dass diese Thiere sehr wohl in einem weit kälteren Klima, als unsere jetzigen Elephanten es bewohnen, ausdauern konnten, da sie mit einer ziemlich dichten Wolle bedeckt waren, und dass sie in der That sich grösstentheils von Nadelhölzern nährten, die im Allgemeinen mehr kälteren Klimaten angehören. Wir werden später bei der Behandlung der einzelnen Erdepochen auf diese Verhältnisse weiter eingehen müssen.

5. Das Wasser.

§. 72. Gewöhnlich unterscheidet man zwei Arten von Wasser, das auf dem Festlande theils fliessende, theils in Seen angehäufte süsse Wasser und das Meerwasser, welches im Ganzen eine fast ebenso constante Zusammensetzung behauptet, als die Atmosphäre. Die Menge des süssen Wassers auf der Erde verschwindet fast im Verhältniss zu der ungeheuren Quantität salzigen Wassers, welche Inseln und Continente umfluthet, und man kann wohl annehmen, dass das süsse Wasser nur durch besondere Verhältnisse, wie namentlich durch Verdunstung oder durch Filtration in den Erdschichten, seines ursprünglichen Salzgehaltes entledigt worden sei. Indessen finden sich mannigfaltige Mittelstufen in dieser Hinsicht. Alles auf den Continenten befindliche sogenannte süsse Wasser enthält gewisse Bestandtheile aufgelöst, deren Menge manchmal weit bedeutender sein kann, als die Menge der im Meerwasser aufgelösten salzigen Bestandtheile. Die Natur der in den süssen Wassern aufgelösten Substanzen ist aber ausserordentlich verschieden, da dieselben durch Auslaugen aus den verschiedenen Gesteinen gewonnen werden, durch welche das Wasser hindurchrinnt. Uebersteigen diese Bestandtheile ein gewisses Maass, so nennt man die Quellen Mineralquellen. Süsses Wasser, wie Mineralquellen kommen indess hinsichtlich ihrer Menge und Verbreitung in keinen Betracht gegen die Quantität des Meerwassers, wenn sie gleich in geologischer Beziehung äusserst wichtig sind, da neben den an Masse weit überwiegenden

Ablagerungen aus dem Meere auch Süsswasserablagerungen vorkommen, welche ganz eigenthümliche Charaktere besitzen.

Das specifische Gewicht des Meerwassers, woraus man einigermaassen auf seinen Gehalt an Salzen schliessen kann, schwankt nur innerhalb sehr geringer Grenzen in Mitten der Oceane. In der Nähe der Küsten freilich giebt es bedeutende Verschiedenheiten, die aber hauptsächlich von der grösseren oder geringeren Menge süssen Wassers abhängen, welche durch Bäche und Flüsse in das Meer geführt wird. Meere, welche bedeutenden Zufluss an süssem Wasser erhalten und durch ihre geographische Lage einer nur geringen Verdunstung ausgesetzt sind, wie z. B. die Ostsee und das Schwarze Meer, haben einen geringeren Salzgehalt; Meere dagegen, welche verhältnissmässig zu ihrer Oberfläche geringen Zufluss süssen Wassers haben und dabei einer bedeutenden Verdunstung ausgesetzt sind, deren Communication mit dem Ocean zugleich nur einen höchst unbedeutenden Austausch gestattet, wie das Mittelländische Meer, zeigen einen bedeutend höheren Salzgehalt. Folgende Tabelle der specifischen Gewichte, zu welcher wir der Vergleichung halber auch diejenigen einiger Binnenseen hinzugefügt haben, kann einen Begriff von der Stärke des Salzgehaltes der einzelnen Meere geben. §. 73.

Destillirtes Wasser	1,00000
Genfersee	1,00015
Geschmolzenes Meereis	1,00057
Schwarzes Meer	1,01418
Ostsee	1,01523
Weisses Meer bei Archangel	1,01901
Meer von Marmora	1,01915
Eismeer des Nordpols	1,02664
Ocean in den Aequatorialgegenden	1,02770
Ocean der nördlichen Halbkugel	1,02829
Ocean der südlichen Halbkugel	1,02882
Mittelländisches Meer	1,02930
See Urmia in Armenien	1,16507
Todtes Meer	1,21223
See Elton in Südrussland	1,27288

Aus diesen Zahlen schon lassen sich verschiedene Verhältnisse erschliessen, welche nicht unwichtig sind. Die Meere der Polargegenden sind specifisch leichter und um so weniger gesalzen, je mehr man sich dem Nordpole nähert; — die bedeutende Menge geschmolzenen Eises, welche ihnen durch die nördlichen Gletscher zugeführt wird, verringert ihren Salzgehalt. Die Mengung dieses Schmelzwassers mit dem Salzwasser des Meeres geht freilich nur langsam und unvollkommen vor sich, und die Nordpolfahrer haben gefunden, dass namentlich an der Oberfläche um die schwimmenden Eisberge herum das Wasser §. 74.

fast völlig süss und dass selbst bei 1400 Fuss Tiefe der Salzgehalt in der Nähe solcher Eisberge nur unbedeutend sei. Da indessen die schwimmenden Eisberge oft mehrere hundert Fuss hoch sind und, wie sich aus dem Unterschiede ihres specifischen Gewichtes leicht ermessen lässt, nur höchstens mit einem Zehntheil ihrer Masse aus dem Wasser hervorragen, so sieht man, dass eigentlich ein jeder dieser Eisberge in einer flachen Mulde süssen Wassers schwimmt, die sich so lange erhält, bis er vollständig aufgelöst ist. Das Schwarze Meer und die Ostsee, die einen sehr niedrigen Salzgehalt haben, stehen in dieser Beziehung etwa auf einer Linie mit vielen Lagunen und Flussmündungen, in denen sich sogenanntes Brackwasser, d. h. eine Mengung von süssem und salzigem Wasser befindet. Mischungen dieser Art haben stets hinsichtlich der Thiere, welche sie bewohnen, eine eigenthümliche Physiognomie, indem viele Arten, welche im Meerwasser von gesättigtem Salzgehalt leben, in solchem Brackwasser sich nicht aufhalten, und andererseits wieder Thiere, die sonst nur in süssem Wasser vorkommen, in Brackwasser ausdauern können. Ausser dem chemischen Einflusse des Salzgehaltes mag zu dieser Veränderung auch noch das statische Moment beitragen, indem bei Verminderung des Salzgehaltes das specifische Gewicht und damit auch der Druck, welchen die im Wasser lebenden Organismen erleiden, geringer wirken.

§. 75. Das Mittelländische Meer befindet sich in einem eigenthümlichen Falle. Sein Salzgehalt ist grösser als der aller anderen Meere, und zwar liegt der Grund dieser Erscheinung in der eigenthümlichen geographischen Lage. Die heissen trockenen Winde, welche von Süden her über die afrikanischen Wüsten kommen, reissen auf ihrem Wege über das Mittelmeer eine bedeutende Menge Wasserdampf mit sich, indem sie sich förmlich damit sättigen, und auf diese Art entsteht eine Verdunstung, die weit den Zuschuss, welchen die einströmenden Flüsse bringen, überwiegt. Deshalb geht auch immer ein Strom leichteren, weniger gesalzenen Wassers aus dem Ocean einerseits und dem Schwarzen Meer andererseits in das Mittelmeer hinein. Das Mittelmeer nimmt beständig, aber nur ungemein langsam, an Salzgehalt zu; das Schwarze Meer hingegen, bei welchem die einströmenden Flüsse überwiegen, an Salzgehalt ab. Besässe man den cubischen Inhalt der Gewässer beider Meere, sowie der Flüsse und Strömungen, die sich hinein ergiessen, nur einigermaassen genau, so könnten sich daraus die Elemente einer Rechnung ergeben, deren Ziel die Bestimmung des Alters beider Meere sein würde. Mit den bis jetzt erhaltenen Elementen ist eine solche Berechnung freilich nicht möglich; indessen kann man voraussagen, dass eine solche Berechnung zu keinen sehr grossen Zeiträumen führen würde. Alle Erscheinungen nämlich treffen dahin überein, zu zeigen, dass der jetzige Zustand der Erdoberfläche, die jetzt bestehende Schöpfung und der Mensch mit ihr, nur aus geringer Vorzeit datiren, und

dass kaum mehre hunderttausend Jahre verflossen sind seit dem Beginne dieser neuen Aera in der Geschichte unseres Planeten. Je ungeheurer die Zahlen sind, welche sich ergeben, sobald man auf den Uranfang unseres Planeten zurückzugehen sucht, um so kleiner verhältnissmässig erscheinen diejenigen, welche sich auf den jetzigen Zustand beziehen.

Die Natur der Salze, welche sich in dem Meerwasser finden, so- §. 76.
wie die Proportion ihrer Quantität, wechseln so wenig, dass man im Allgemeinen die Zusammensetzung des Meerwassers als eine constante ansehen kann. Der Hauptbestandtheil ist immer Chlornatrium oder gewöhnliches Kochsalz, zu welchem eine ziemliche Menge von Chlormagnesium tritt. Merkwürdiger Weise findet sich im Durchschnitte die Kalkerde in dem Meerwasser in sehr unbedeutender Quantität vor, obgleich fast alle Schalthiere, welche das Meer bewohnen, aus derselben ihre Gehäuse bauen und es nicht unwahrscheinlich ist, dass fast aller feste Kalk, welcher sich auf der Erde befindet, erst durch lebende Organismen in dieser Gestalt fixirt wurde. Die Schalthiere sind demnach gewissermaassen organische Filtrirmaschinen, durch welche die Kalkerde, die sich im süssen Wasser stets in verhältnissmässig grösserer Menge findet und durch Strömung und Flüsse dem Meere zugeführt wird, ausgeschieden und fixirt wird. Hinsichtlich des Jods und des Broms, von denen sich nur Spuren im Meerwasser nachweisen lassen, üben einige Tangarten dieselbe Wirkung aus, so dass man in der Asche dieser Pflanzen diese Substanzen in grösserer Quantität wiederfindet. Abgeschlossene Becken können hinsichtlich ihres Salzgehaltes sehr abweichende Verhältnisse darbieten, indem ihre Concentration wesentlich von der Verdampfung, und die Natur der Salze, welche sie enthalten, von der Zusammensetzung des Bodens abhängt, in welchem diese Becken ausgehöhlt sind. Die süssen Seen enthalten deshalb im Allgemeinen nur wenig fixe Bestandtheile, unter denen die kohlensaure Kalkerde vorwiegt, während die sogenannten Salzseen bald vorzugsweise Küchensalz, bald aber auch, wie das Todte Meer, überwiegend Chlormagnesium enthalten. Der letztere Umstand erscheint besonders deshalb sehr wichtig, weil sich wohl in älteren Epochen ähnliche Seen gefunden haben dürften, welche durch ihren Gehalt an Chlormagnesium einen bedeutenden Einfluss auf die Umwandlung der benachbarten Gesteinsschichten ausgeübt haben dürften.

In der folgenden Tabelle ist der Gehalt einiger Meere und Binnenseen an festen Theilen zusammengestellt worden. In tausend Theilen Wasser enthalten demnach:

	Forth of Firth bei Edinburg.	Südl. Atl. Ocean bei 23°19 südl. Breite und 29°27 westlicher Länge.	Hafen von Callao.	Nordsee bei 51°9 Breite u. 3°8 östl. Länge von Greenwich.	Stilles Meer bei 25°11 südl. Breite und 93°24 westlicher Länge.	Nördlicher Atlantischer Ocean.	Mitelmeer.	Genfer See.	Todtes Meer.	Elton-See im Gouvernement Saratow.	Urmia-See in Armenien.
Chlornatrium	2,2001	2,7558	2,4825	2,5513	2,5885	2,6600	2,7220		70,7617	130,2000	170,0000
Chlormagnesium	0,4208	0,0326	0,3681	0,4641	0,4884	0,5160	0,6140	0,0087	118,1724	105,4000	20,6000
Chlorcalcium	0,0793					0,1230			32 1410		
Chlorkalium									16,7000	2,2000	
Chloraluminium									8,9600		
Chlormangan									2,1170		
Salmiak									0,0715		
Bromnatrium		0,0326	0,0402	0,0373	0,0307						
Brommagnesium									4,3970		
Schwefelsaurer Kalk		0,2046	0,1488	0,1622	0,1622		0,0150	0,0352	0,5270		
Schwefelsaure Magnesia		0,0614	0,0947	0,0706	0,1117		0,7020	0,0346		16,7000	80,5000
Schwefelsaures Natron	0,3116					0,4660					
Schwefelsaures Kali		0,1715	0,1409	0,1529	0,1418						
Kohlensaurer Kalk							0,0010	0,0708			
Kohlensaure Magnesia							0,0190	0,0070			
Kieselerde								0,0016			
	3,0118	3,2585	3,2752	3,4383	3,5233	3,7650	4,0730	0,1574	245,3980	255,5000	271,1000

Der Salzgehalt des Meerwassers bleibt in allen Tiefen derselbe und übt, so gering er auch scheinen mag, dennoch einen bedeutenden Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften aus, die von denjenigen des süssen Wassers wesentlich abweichen. Der Punkt der grössten Dichtigkeit des süssen Wassers findet sich bekanntlich nicht an dem Gefrierpunkte, sondern bei 4°,5 Wärme. Von diesem Punkte aus dehnt sich die Flüssigkeit bis zu dem Gefrierpunkte proportional aus, so dass das Eis leichter als das Wasser ist. In diesem abnormen Verhältniss des süssen Wassers liegt der Grund, weshalb dasselbe an der Oberfläche gefrieren kann. Wenn die äussere Kälte auf die Oberfläche des süssen Wassers einwirkt, so werden bis zu dem Punkte, wo diese äussere Temperatur auf + 4°,5 gesunken ist, diejenigen Schichten der Oberfläche, welchen diese Temperatur mitgetheilt worden ist, ihrer grösseren Schwere wegen zu Boden sinken und die unteren wärmeren Schichten statt ihrer an die Oberfläche sich erheben; schreitet aber die Kälte von dem angegebenen Punkte gegen den Gefrierpunkt fort und über ihn hinaus, so wird dieses Wechselspiel nicht mehr stattfinden, indem die oberen Schichten um so leichter werden, je mehr sie sich erkälten, und deshalb die Oberfläche behaupten. In tiefen Seen stellt sich demnach eine gleichmässige Temperatur auf dem Boden her, indem das schwere Wasser von + 4°,5 an dem Grunde sich sammelt und nicht mehr durch die hydrostatischen Bewegungen der Flüssigkeit an die Oberfläche gebracht werden kann. Da indessen durch den Boden und die Wandungen des Seebeckens dem Wasser Wärme zugeführt wird, so stellt sich die durchschnittliche Temperatur der Seen in unserer Breite zwischen + 4°,5 und 6° in einer Tiefe von mehren hundert Fussen. So fand man folgende Grade: §. 77.

Bodensee	bei	370	Fuss	= 4°,5
Brienzersee	„	500	„	= 4°,8
Genfersee	„	950	„	= 5°,4
Comersee	„	400	„	= 5°,0
Thunersee	„	588	„	= 5°,2.

Mit dem Meerwasser verhält es sich ganz anders. Sein Gefrierpunkt hängt von seinem Salzgehalte ab und findet sich etwa bei — 2°,55. Der Punkt seiner grössten Dichtigkeit bei — 2°,67. Es folgt daraus, dass die Schichten des Meerwassers, welche sich an der Oberfläche erkälten, stets zu Boden sinken und dass es keinen Punkt giebt, wo, wie bei dem süssen Wasser, kältere Schichten auf wärmeren schwimmen können; die kälter gewordenen Schichten des Meerwassers werden deshalb so lange zu Boden sinken und die unteren wärmeren Schichten verdrängend, dieselben an die Oberfläche bringen, bis die ganze Masse gleichmässig auf den Gefrierpunkt des Meerwassers herabgesunken ist. Die durch Ebbe und Fluth, sowie durch andere physikalische Bedingungen der Erdbildung hervorgebrachten Strömungen der Meeres-

masse verhindern aber eine solche durchgreifende Erkältung, selbst bis in die Polargegenden hinein, und deshalb gefriert auch das Meer entweder nur äusserst schwer in langen tief eingeschnittenen Buchten oder gar nicht. In der That hat Bravais in den Norwegischen Fiorden beobachtet, dass das Gefrieren dieser schmalen Meeresbusen von der Menge des süssen Wassers abhängt, welche sich in sie ergiesst, und dass demnach eigentlich nur dieses süsse Wasser gefriert, das seiner geringeren Schwere wegen auf dem Meereswasser schwimmt.

§. 78. Es geht aus diesen Verhältnissen hervor, dass die Temperatur des Meerwassers um so mehr abnehmen muss, je weiter man in die Tiefe dringt; in der That scheinen directe Messungen dies zu bestätigen, indem man bei einer Sondirung des Meeres in 23 Grad nördlicher Breite und 136 Grad westlicher Länge in einer Tiefe von 3800 Metern, wo das Senkblei den Grund noch nicht erreichte, eine Temperatur von 1°,7 gefunden haben wollte, während das Wasser an der Oberfläche 27° Wärme hatte. An dem genannten Tiefenpunkte stand die Temperatur des Meerwassers also beinahe 3 Grad unter dem Punkte der grössten Dichtigkeit des süssen Wassers; indessen haben Beobachtungen dieser Art mancherlei Fehlerquellen zu vermeiden, wovon die grösste in dem Drucke liegt, welchen das Meerwasser bei solchen Tiefen ausübt. Da das Wasser nur äusserst wenig elastisch ist, so nimmt seine Dichtigkeit so wenig zu, dass dieselbe bei einem Drucke von 1000 Atmosphären noch nicht einmal die Dichtigkeit einer gesättigten Salzsoole (1,2) erreichen würde, obgleich bei diesem Drucke 600 Grad Wärme nöthig sein würden, um ein solches Wasser zum Sieden zu bringen. Um so ungeheurer ist der Druck, den eine solche Wassersäule auf andere Körper ausübt, und welchem kein Körper widersteht. Fast Alle, welche einmal eine Ueberfahrt nach Amerika gemacht haben, kennen einen Versuch, den man zur Ergötzung auf offenem Meere anstellt. Man lässt eine vollkommen verkorkte und versiegelte Flasche mit Wein, eine Flasche Champagner zum Beispiel, bis in eine beträchtliche Tiefe mittelst eines schweren Senkbleies hinab; zieht man sie nach einiger Zeit herauf, so findet man statt Wein Meerwasser in der Flasche, trotzdem dass Kork, Siegellack u. s. w. vollkommen unversehrt erscheinen. Der gewaltige Druck hat das dichtere Meerwasser in ähnlicher Weise durch die Poren des Apparates getrieben, wie man Quecksilber mittelst der Luftpumpe durch Leder pressen kann, und hat so die Substitution bewirkt. Bei der Elasticität aller Stoffe, die wir bei der Construction von Apparaten verwenden können, die in eine grosse Tiefe hinabgelassen werden sollen, erscheint es fast unmöglich, reine Resultate zu erhalten, indem der Druck bis auf die Thermometerkugeln wirkt, diese zusammendrückt und durch diese Compression der Zusammenziehung des Quecksilbers entgegenwirkt. In der That wurden auch bei dem erwähnten Versuche, trotz der äusserst soli-

den Construction der Apparate, die in dicken Messingröhren staken, diese gänzlich durch den Druck vernichtet; das Messingrohr war wie zwischen einem gewaltigen Schraubstock zusammengedrückt, die Thermometerröhre, der Schwimmer so zusammengepresst, dass die Beobachtung gänzlich resultatlos gewesen wäre, wenn man nicht auf der Scala den Eindruck hätte bemerken können, den die Glaskugel des Schwimmers in dem Augenblicke gemacht hatte, wo der Apparat zusammengedrückt wurde. Bei directen Messungen in geringeren Tiefen fand man folgende Maasse:

Namen der Meere.	Nördliche Breite.	Westliche Länge.	Tiefe in Fussen.	Temperatur In dieser Tiefe.	Temperatur An der Oberfläche.
Atlantisches Meer . .	7°,20′	21°,59′	3234	2,20°	25,80°
Grosser Ocean . . .	21,14	196,01	5469	2,44	26,40
„ „	25,06	156,58	1002	14,00	21,50
„ „	32,06	136,48	3556	2,21	21,45
Atlantisches Meer . .	32,20	42.30	6089	2,24	20,86
Grosser Ocean . . .	41,12	141,58	3073	2,14	19,20
Atlantisches Meer . .	45,53	15,17	2378	9,95	14,64

Da die Winterwärme in der Nähe der Tropen niemals so tief sinkt, als die Temperaturen in grösserer Tiefe angeben, so ist es wahrscheinlich, dass eine doppelte Art von Strömung in den grösseren Meeren existire, eine obere, von dem Aequator nach den Polen, welche das warme Wasser in dieser Richtung führt und die in dem Golfstrome z. B. vollkommen nachgewiesen ist, und eine untere, welche das an den Polen erkältete Wasser gegen den Aequator hinströmen lässt. Schlüsse dieser Art werden durch den Umstand bestätigt, dass die Binnenmeere, in welchen eine solche Strömung nicht stattfinden kann, wie z. B. das Mittelländische Meer, auf ihrem Grunde eine Temperatur zeigen, welche etwa der mittleren Temperatur des Winters in ihren Gegenden entspricht, so dass man im Mittelmeer noch bis auf 3000 Fuss hinab etwa 13 Grad Wärme findet.

Die Meere decken einen weit grösseren Flächeninhalt auf der §. 79.
Erde als das feste Land, dies lehrt schon ein flüchtiger Blick auf eine jede Weltkarte. v. Humboldt hat den Flächenraum näher berechnet, und zwar auf folgende Weise. Man theilt bekanntlich die Erdkugel in eine bestimmte Anzahl von Parallelkreisen, die in gleichen Abständen vom Aequator herumlaufen. Diese Breitegrade werden von den Meridianen durchgeschnitten, welche grösste Kreise darstellen, die in den Po-

len einander schneiden und an dem Aequator um einen Grad von einander abstehen. Auf diese Weise ist die Erdkugel in lauter Trapezoide getheilt, deren Höhe in der Richtung der Meridiane dieselbe ist, und deren dem Aequator zugewandte Seite grösser ist als die gegen die Pole gerichtete. Wenn man nun den Flächenraum eines Trapezoids in jedem Parallelkreise bestimmt, so kann man daraus den Flächeninhalt eines jeden Parallelkreises und somit den der Erde kennen. Durch eine Zusammenzählung aller Trapezoide, die auf das Meer, und aller, die auf festes Land fallen, sowie durch Abschätzung des relativen Flächengehaltes derjenigen, welche festes Land und Meer enthalten, bekommt man dann eine ziemlich genaue Uebersicht des gegenseitigen Verhältnisses beider Elemente. v. Humboldt ist auf diese Weise verfahren und zu dem Resultate gekommen, dass, wenn man die Oberfläche der Erde = 1 setzt, das Meer 0,734 und das feste Land 0,266 Theile dieser Oberfläche deckt. Das feste Land beträgt mithin nur wenig mehr als ein Viertheil, das Meer beinahe drei Viertheile der Erdoberfläche.

§. 80. Eine andere Methode, das gegenseitige Verhältniss von Meer und Land zu messen, die aber weit weniger rationell als die von Humboldt angewandte ist, besteht darin, auf dickem Papier oder Pappdeckel, welchem die Form eines Globus gegeben worden ist, die Continente und Inseln aufzuzeichnen und dann auszuschneiden. Indem man nun das Gewicht des Ausgeschnittenen mit dem Gewichte des Uebrigbleibenden vergleicht, erhält man eine approximative Schätzung, die aber, wie leicht einzusehen, nie die Sicherheit der anderen mathematischen Methode erreichen kann, indess zu annähernden Resultaten führt. Wie man indessen auch verfahren möge, so bleibt immer einige Unsicherheit wegen unserer unzulänglichen Kenntnisse über die Gegenden in der Nähe der Pole. Wir kennen nicht genug den Umfang des festen Landes, welches sich in der Nähe derselben befindet, und somit wird jedenfalls so lange Unsicherheit in dieser Hinsicht bestehen, bis der Flächeninhalt der Polarländer genau bekannt ist.

§. 81. Das wenige feste Land, welches sich auf der Erde befindet, ist indess noch obenein sehr ungleich auf derselben vertheilt, und zwar befindet sich in der nördlichen Hälfte ein bedeutend grösserer Flächenraum Land als in der südlichen. In der nördlichen Hemisphäre beträgt das Land 0,40 der Gesammtoberfläche, in der südlichen nur 0,12; es verhalten sich demnach diese beiden Oberflächen wie 100 zu 30. Die südliche Hemisphäre hat nicht ein Drittel so viel Land als die nördliche, und die grösste Verschiedenheit zwischen zwei Halbkugeln der Erde tritt bei der (Fig. 9) gegebenen Projection der Erdkarte hervor. Betrachtet man die Vertheilung des festen Landes nach Zonen, so stellen sich folgende Verhältnisse heraus.

Nördliche kalte Zone 0,25.

Südliche kalte Zone 0,? Zur Zeit, als Humboldt, dem unsere Angaben entlehnt sind, diese Berechnungen anstellte, war noch kein Land in den südlichen Polargegenden bekannt, und Humboldt setzte demnach ganz einfach für die Umgebung des Südpols Null. Jetzt hat man dort das Land Adélie und noch einige andere Küstengegenden entdeckt, so dass wir sicher wissen, dass Humboldt's damalige Annahme irrig war. Wieviel aber dieses südliche Polarland betrage, dies kann auch jetzt noch nicht einmal vermuthet werden.

Nördliche gemässigte Zone	0,53
Südliche „ „	0,07
Nördliche heisse Zone	0,26
Südliche „ „	0,24

Ein Blick auf diese Zahlen lehrt schon, dass innerhalb der Wendekreise die Vertheilung des Festlandes auf beiden Hemisphären etwa gleich sei, und dass im Mittel ein Viertel des Flächenraumes dieser Gegend vom Festlande gebildet werde. Der grösste Unterschied findet sich zwischen den gemässigten Zonen; denn während in der nördlichen Zone die Ausbreitung des Festlandes etwas mehr als die Hälfte des Flächenraumes beträgt, so hält sie sich in der südlichen noch unter einem Zehntel.

Bei den angegebenen Verhältnissen denkt man sich die Erde nach §. 82. Parallelkreisen getheilt. Man kann sie aber auch, einem Meridiane zu Folge, in zwei Hälften geschnitten denken, deren eine die alte Welt, die andere die neue Welt in sich fasst (siehe Fig. 9 der Karte), und wenn man nach dieser Art von Eintheilung die Verhältnisse von Festland und Meer berechnet, so finden sich in der alten Welt 0,36, in der neuen 0,17, d. h. beide Continente verhalten sich etwa wie 100 : 47. Die alte Welt ist mehr als doppelt so gross als die neue.

Man darf indess bei diesen Betrachtungen nicht vergessen, dass §. 83. der Flächeninhalt der verschiedenen Zonen nicht so genau mit einander in Verhältniss steht, als man gewöhnlich zu glauben geneigt ist. Man spricht meistens von der kalten Zone im Gegensatze zu der heissen, als wenn beide denselben Flächeninhalt hätten und demnach in vollkommenen Gegensatz zu einander gestellt werden könnten; dies ist aber durchaus nicht der Fall. Wenn man die Gesammtoberfläche der Erde gleich 1000 setzt, so ergeben sich folgende Verhältnisse des Flächeninhaltes der verschiedenen Zonen.

	Eine Zone.	Beide zusammengenommen.
Heisse Zone	199,37455 . . .	398,74910
Gemässigte Zone . . .	259,15550 . . .	518,31100
Kalte Zone	41,46995 . . .	82,93990
	500,00000	1000,00000

Die heisse Zone, welche die Gegend innerhalb der Wendekreise begreift, endet bekanntlich bei einer Breite von 23 Graden und eini-

gen Minuten. Eine leichte geometrische Deduction genügt aber, um zu zeigen, dass der Flächeninhalt, welcher zwischen dem 30sten Grade nördlicher und südlicher Breite liegt, genau ebenso gross ist als der Flächeninhalt der beiden von diesem Grade ab nach den Polen zu gelegenen Hälften zusammengenommen. Nun geht aber der 30ste Grad durch das nördliche Afrika und die Länder, welche diesem Klima entsprechen. Ueberall in diesem Breitegrade sind die Variationen des Klimas unbedeutend, der Unterschied zwischen Sommer und Winter nur gering, und die Schwankungen um die mittlere Temperatur klein. Wir können demnach behaupten, dass die Erde in zwei gleiche Hälften getheilt ist, deren eine wie ein breiter Gürtel den Aequator umfasst, während die andere Hälfte der Oberfläche an die beiden Pole vertheilt ist. Der Aequatorialgürtel hat eine fast constante Temperatur; an den Polarhälften finden sich die so sehr verschiedenen Klimate. Das meiste Festland befindet sich innerhalb des Aequatorialgürtels, wo auch die üppigste Vegetation und die reichste Entfaltung thierischen Lebens sich entwickeln.

6. Absolute Höhe verschiedener Punkte auf der Erde.

§. 84. Den allgemeinen Gesetzen der Mechanik nach bildet das Meer als tropfbare Flüssigkeit auf seiner Oberfläche ein constantes Niveau, welches in kleineren Portionen eine vollkommene Horizontalebene darstellt, während es im grossen Ganzen, wie schon früher bemerkt, die eigentliche Sphäroidgestalt der Erde giebt. Das Meeresniveau bildet deshalb eine unveränderliche Grösse, von welcher man bei Bestimmungen der Höhenpunkte auf dem festen Lande ausgeht, indem dadurch eine gemeinschaftliche Basis zur Vergleichung gegeben wird. Geringe Schwankungen abgerechnet, die von anderen Ursachen abhängen, zeigt sich deshalb auch das Barometer an dem Meeresniveau stets auf einer constanten Höhe, da überall eine gleich hohe Luftsäule auf dasselbe drückt. Indessen scheint doch aus der Vergleichung der Barometerhöhen an verschiedenen Orten hervorzugehen, dass die Oberfläche des Meeres nicht ganz derjenigen des Rotationssphäroides entspricht, sondern dass verschiedene Depressionen und Aufwulstungen vorhanden sind. Nach Humboldt würde das Maximum der südlichen Depression dem Aequator entsprechen, das Maximum der Aufwulstung dem 33sten Grade nördlicher Breite, von dort an würde sich eine nördliche Depression bemerkbar machen, welche im 64sten Grad ihr Maximum erreicht, von wo aus dann die Oberfläche des Meeres wieder sich aufzuwulsten beginne. Der Stand des Barometers, aus welchem man auf diese Depressionen schliesst, lässt sich indess vielleicht auch daraus erklären, dass an diesen Orten die Atmosphäre höher ist und demnach einen bedeutenderen Druck auf die Quecksilbersäule ausüben muss.

Wie dem auch sei, so hält es dennoch nicht leicht, das mitt-

lere Niveau eines Meeres genau zu bestimmen, da die grosse Wassermasse durch zwei Ursachen beständig im fortdauernden Auf- und Abschwanken erhalten wird; nämlich einerseits durch die Winde und andererseits durch die Bewegung der Ebbe und Fluth, welche von der Attraction des Mondes und der Sonne herrührt. Die Fluthwelle, welche von der Sonne erzeugt wird, ist bei weitem unbedeutender als die Mondfluth; beide wechseln zweimal während eines Tages mit einander ab, so dass der Unterschied von einer Ebbe bis zu einer Fluth etwa 6 Stunden beträgt. Da aber ein Sonnentag und ein Mondestag nicht genau dieselbe Grösse haben, so trifft es sich auch, dass die mannigfachsten Combinationen der beiden Fluthen mit einander entstehen. Die höchsten Fluthen finden deshalb in den Syzygien statt, bei Voll- und Neumond, wenn Sonne und Mond sich in der grössten Erdnähe und im Aequator befinden. Bei diesen sogenannten Springfluthen wirkt begreiflicherweise die Anziehung beider Gestirne übereinstimmend, während in den Quadraturen, wo diese Anziehungen im rechten Winkel gegen einander stehen und eine die andere schwächt, die geringste Höhe der Fluth, die sogenannte Nippfluth, sich findet. Der Unterschied zwischen Ebbe und Fluth, sowie die Zeit, in welcher die Fluth ankommt, hängt ausserordentlich von der Bildung der Meeresküsten ab. In Binnenmeeren, welche nur durch geringe Oeffnungen mit dem Ocean zusammenhängen, wie die Ostsee und das Mittelmeer, verschwindet die Fluth so sehr, dass sie nur durch genaue Beobachtungen festgestellt werden kann und sonst unter dem Einflusse des Windes gänzlich verdeckt wird. Das Umgekehrte findet statt bei Buchten und Canälen, welche durch weite Oeffnungen mit dem Ocean zusammenhängen, so dass die anprallende ungeheure Wassermasse sich in ihnen staut und dadurch das Maass der gewöhnlichen Fluthen überschreitet. Dieses Maass beträgt gewöhnlich anderthalb bis zwei Meter. An den Küsten des Canales dagegen bei St. Malo und Grandville, sowie in dem Busen der Severn steigt die Fluth bis auf 15 Meter über der tiefsten Ebbe, und in der Fundybai an der Küste Nordamerikas soll diese Höhe sogar bis 23 Meter betragen. Bei solchen bedeutenden Unterschieden zwischen der Ebbe und Fluth sieht man das Meer von der Ferne her mit Wellen anwachsen, die förmlich Sturmwellen gleichen und an einem sanft geneigten Strande, wie z. B. an der Westküste Frankreichs, bei St. Malo und Mont St. Michel, ist es buchstäblich wahr, dass ganze Quadratmeilen Landes in Zwischenräumen von sechs Stunden ab- und zugedeckt werden und dass die Schnelligkeit des Wachsens so gross ist, dass ein Reiter kaum der anrückenden Fluth mit aller Anstrengung seines Pferdes zu entgehen vermag.

Schon der Fluthen wegen kann demnach die mittlere Höhe eines Meeresspiegels nur durch jahrelang mit grosser Genauigkeit fortgesetzte Beobachtungen festgestellt werden. Zu diesem constanten Verhältniss der Schwankungen aber tritt dann noch ein veränderliches in §. 85.

der Richtung und Kraft der Winde, welche das Wasser vor sich her stauen und so in der Richtung ihrer Wirksamkeit den Wasserspiegel erhöhen. Jeder vom Lande kommende Wind drückt das Niveau des Wassers an der Küste herab, jeder Seewind macht dasselbe schwellen, und es ist leicht begreiflich, dass an solchen Küsten, wo beständige Passatwinde wehen, die während Monaten ein und dieselbe Richtung bewahren, der Wasserspiegel je nach der Richtung dieser Winde entweder erhöht oder herabgedrückt werden muss. Deshalb sieht man dann auch in solchen Becken oder Buchten, welche den durch die Passatwinde erregten Wellen einen weiten Eintritt bieten, das Wasser in ähnlicher Weise sich stauen, wie wir dies schon bei den Fluthwellen bemerkt haben. An anderen Orten, wo die Richtung der Winde eine veränderliche ist, ist freilich die Bestimmung dieses Momentes weit schwieriger als da, wo constante Winde wehen.

§. 86. Zu diesen beiden feststehenden Ursachen mag dann noch eine dritte kommen, auf die man freilich bis jetzt nur hingedeutet hat, ohne sie vollkommen nachweisen zu können. Dies ist die Veränderung des Niveau's durch die Anziehung, welche das feste Land auf die Meeresfläche ausübt, wodurch das Niveau gegen die Küste hin ansteigen und jedes Meer eigentlich eine concave Spiegelfläche bilden würde, dessen Niveau nach allen Seiten gegen das Land hin sich erheben und in langen Buchten und Fiorden nach innen zu ansteigen würde. Fernere Beobachtungen müssen noch ermitteln, ob diese, theoretisch gegründete Annahme auch wirklich in der Natur bedeutend genug ist, um besondere Phänomene zu erzeugen.

§. 87. Diese verschiedenen Einflüsse sind auch Ursache, dass die einzelnen Meere durchaus nicht dasselbe Niveau haben, sondern oft ziemlich beträchtliche Unterschiede zeigen. So befindet sich das constante Niveau des Rothen Meeres bei weitem höher als dasjenige des Mittelmeeres, und der Unterschied zwischen dem höchsten Stand des Rothen Meeres und dem niedrigsten Stand des Mittelmeeres beträgt nicht weniger als 9,91 Meter, mithin etwa 30 Fuss. Der Unterschied zwischen dem tiefsten Stande des Rothen Meeres und dem höchsten des Mittelmeeres wird zwar einige Meter weniger betragen, allein immer noch bedeutend genug sein, um einem Canal, den man durch die Landenge von Suez stechen würde, einen bedeutenden Fall zu verschaffen, der sogar grösser sein würde, als derjenige des Nilflusses. In einem solchen Canal würden also die Gewässer mit ziemlich bedeutender Schnelligkeit aus dem Rothen Meer gegen das Mittelmeer strömen. Dieser Unterschied zwischen beiden Meeren, welche einander so nahe liegen, fällt mit Recht auf, wird aber weniger merkwürdig, sobald man die gegenseitigen Verhältnisse der beiden Becken in's Auge fasst. Das Rothe Meer hängt durch eine weite Oeffnung mit dem Indischen Ocean zusammen, dessen Fluthwellen sich in seinem langen Canal fortsetzen

und dort durch die Einengung und den Widerstand der Ufer angestaut werden, wodurch natürlich das allgemeine Niveau des Rothen Meeres schon erhöht werden muss. Ferner streichen von dem Indischen Ocean die Passatwinde fast beständig gegen Norden und erheben dadurch das Niveau des Rothen Meeres ebenfalls um ein gewisses Quantum. Endlich noch steht das Mittelmeer in eigenthümlichen Localverhältnissen, welche die Verdunstung auf seiner Oberfläche sehr bedeutend erheben. Die heissen Winde der Wüste, die aus Gegenden kommen, wo die Erde trocken ist, entreissen dem Mittelmeere eine ungeheure Menge von Wasserdämpfen, welche sie auf ihrem Zug gen Norden wieder verlieren. Schon bei der Discussion des Salzgehaltes der einzelnen Meere wurde bemerkt, dass eben dieser lebhaften Verdunstung wegen das Wasser des Mittelmeeres gesalzener sei als das anderer Meere; seine Evaporation überwiegt den Zuschuss, den es beständig an süssem Wasser empfängt, sein Niveau erniedrigt sich, und daher erklären sich auch die Strömungen, welche beständig aus dem Grossen Ocean durch die Meerenge von Gibraltar und aus dem Schwarzen Meere durch die Dardanellen und das Meer von Marmora in das Mittelmeer sich ergiessen, und von denen die erste bis nach Aegypten hin merklich ist. Diese Strömungen schon weisen auf das deutlichste nach, dass die Niveaus des Schwarzen Meeres, sowie des Oceans, erhabener sind als die des Mittelmeeres; und dieser Fall muss noch mehr eintreten hinsichtlich des Rothen Meeres, da hier mehrere Ursachen in derselben Wirkung zusammentreffen, nämlich die Erhebung des Rothen Meeres und die Erniedrigung des Mittelmeeres.

Aehnliche Beobachtungen sind auch an anderen Meeren gemacht worden. So ist das mittlere Niveau der Südsee bei Panama nur 3,52 englische Fuss höher als dasjenige des Mexicanischen Meerbusens bei Chagres. Da aber von dem Atlantischen Ocean aus die Fluth bei Panama sehr bedeutend ist, während sie bei Chagres äusserst gering ist, so steht zur Zeit der höchsten Fluth das Meer bei Panama 13,55 Fuss höher, zur Zeit der tiefsten Ebbe dagegen 6,51 Fuss niedriger als das Caraibische Meer bei Chagres. Der Spiegel des Mittelländischen Meeres bei Marseille liegt allerhöchstens einen Meter tiefer als derjenige des Atlantischen Meeres im Biscajischen Meerbusen; dagegen scheint das Adriatische Meer bei Triest sein mittleres Niveau etwa 8 Meter höher zu haben, als das Mittelländische Meer bei Marseille, vielleicht in Folge der grösseren Anziehung in der langen Bucht des Adriatischen Meeres.

Wenn man indessen, abgesehen von diesen im Ganzen doch geringen Verschiedenheiten, das Meeresniveau als ein constantes annimmt, so fragt es sich zuerst, ob wir auf dem Festlande Localitäten kennen, welche unter dieses Niveau herabgehen, die also, wenn ihnen ein Zugang zu dem Meere geschafft würde, von demselben angefüllt werden müssen. In der Nähe der Meeresufer sind solche Depressionen aller- §. 88.

dings nichts Seltenes und namentlich da zu finden, wo Uferwälle von festem anstehenden Gestein dahinter liegende Lagunen von dem Meere scheiden. Diese Lagunen sind einer stärkeren Verdunstung ausgesetzt als das Meer, bei welchem sich der Verlust stets erneuert, und wenn sie nicht ganz austrocknen, so wird wenigstens ihr Wasserspiegel auf eine gewisse Höhe unter das Meeresniveau herabgedrückt. Solcher Lachen und brackischer Seen giebt es an den Mündungen grösserer Flüsse in dem aufgeschwemmten Lande eine grosse Menge, wie z. B. an den Rhonemündungen, am Delta des Nils, des Missisippi und des Ganges. An vielen Stellen werden dieselben theilweise durch menschliche Anstrengung erhalten, indem man die Dämme, welche gegen Ueberschwemmung der Flüsse und gegen Einbruch des Meeres schützen sollen, stets höher und höher aufführt. In Holland finden sich grosse Culturstrecken dieser Art, welche durch gewaltige Dämme geschützt und durch künstliche Hebemittel, Wasserräder und Dampfmaschinen ausgetrocknet werden müssen. Man nennt dort solche Stellen, welche bei dem geringsten Dammbruche unrettbar dem Meere verfallen wären, Polders.

§. 89. Ein bekanntes Beispiel von einer Depression unter das Niveau des Oceans ist das Becken des Caspischen Meeres. Man nahm früher an, dass der Spiegel dieses gesalzenen Binnensees etwa 300 Fuss tiefer läge als das Niveau des Schwarzen Meeres, und man sprach viel von dieser grossen Depression und von den Verhältnissen, welche dieselbe bedingt haben könnten. Alexander v. Humboldt, der sich viel mit dem Gegenstande beschäftigt und die Messungen und Nivellirungen, welche gemacht wurden, genau revidirt hat, bringt als Endresultat heraus, dass die Depression nur 24,75 Meter betrage, und neuere Beobachtungen reduciren die Zahl gar noch auf 11,8 Meter. Man sieht daraus, wie viel auf alle die übertriebenen Declamationen zu halten ist, die man über diese vermeintlich ungemein grosse Einsenkung in der Erdrinde gemacht hat. Es liegt im Allgemeinen in der Natur der Dinge, dass man die verticalen Maasse übertreibt, die horizontalen verkürzt; allein in dem speciellen Falle ist man hierin doch zu weit gegangen. Das Becken des Caspischen Meeres ist eigenthümlich gestaltet; es ist, namentlich nach Norden hin, ungemein seicht, und in der Nähe der Einmündung der Wolga z. B. kann man Stunden weit im Wasser vorangehen, ohne dass man eine merkliche Vertiefung des Beckens wahrnimmt. Es ist begreiflich, dass eine solche Einrichtung die Verdunstung ungemein befördert, und da die Flüsse, welche das Meer nähren, verhältnissmässig nur klein sind, so ist es natürlich, dass das Niveau sich tiefer stellt als in anderen Becken. Das Verhältniss brauchte sich bloss umzudrehen, und die Flüsse müssten etwas mehr Wasser zuführen als verdunstet, so würde man bald das Niveau sich erheben und dasjenige des Schwarzen Meeres erreichen sehen. Die Ausdehnung des Caspischen Meeres würde dann freilich bei weitem

grösser sein, da die umliegenden Ufer nur sehr schwaches Gefälle haben; allein kein Mensch würde dann die Depression erstaunlich finden. Kurz, wenn man nur das Augenmerk nicht auf die, durchaus von localen Verhältnissen abhängige Füllung des Caspischen Beckens mit mehr oder weniger Wasser richtet, sondern die Bildung dieses Beckens selbst in's Auge fasst, abgesehen von seinem Wassergehalte, so verliert das ganze Phänomen das Ausserordentliche, was man lange daran hat finden wollen.

Eine weit bedeutendere Depression als diejenige des Caspischen §. 90.
Meeres findet sich am Todten Meere. Man hat die Messungen auf verschiedene Arten, theils trigonometrisch, theils barometrisch ausgeführt, und alle diese verschiedenen Systeme haben zu Resultaten geführt, die ziemlich nahe mit einander übereinstimmen. Einige Beobachter sprechen von einer Depression von nur 107 Metern; S. von Bertou, der die fleissigsten und genauesten Beobachtungen gemacht zu haben scheint, giebt 419 Meter; Russegger 426,71 Meter. Man ersieht aus diesen verschiedenen Angaben, dass hier die Depression in der That sehr bedeutend ist, und dass man wohl bei dem Todten Meere die grossen Phrasen anwenden könnte, welche man so unnütz hinsichtlich des Caspischen Meeres verschwendete. Nicht minder auffallend ist es, dass das Todte Meer auch zugleich an Salzgehalt alle anderen übertrifft. Das Todte Meer hat keinen Ausgang, die stattfindende Evaporation hält dem Zuflusse des Jordan das Gleichgewicht. Das Thal des Jordan selbst ist zum grossen Theil unterhalb des Niveaus des Mittelländischen Meeres gelegen, und der See Tiberias sogar findet sich noch unterhalb dieses Niveaus. Eine solche Erscheinung ist nur erklärlich durch die ungeheure Evaporation, die in dem heiligen Lande stattfindet, und deren Effect, wie bekannt, noch dadurch vergrössert wird, dass es in jenem Lande fast nie regnet. Befände sich der Thalkessel, dessen tiefster Punkt von dem Todten Meere erfüllt ist, in unseren Gegenden, so würde derselbe bis zu dem Niveau des Meeres sich füllen, und somit die ganze Gegend unter Wasser stehen. Ganz Judäa würde freilich nicht unter Wasser kommen, denn Jerusalem und viele andere Punkte liegen noch hoch über dem Meere, und Jericho mag etwa in gleichem Niveau mit dem Meere sich befinden. Das Profil des heiligen Landes ist demnach eines der merkwürdigsten, die man kennt, eben weil ein so tiefes Becken und ein ganzer Fluss unterhalb des Niveaus

Fig. 10.



des Meeres liegen, das nur durch eine Bergkette von wenigen Stunden Breite davon getrennt ist.

§. 91. Die meisten Binnenseen und Binnenmeere liegen oberhalb des Niveaus des Meeres und zwar in sehr veränderlichen Höhen. Im Allgemeinen kann man annehmen, dass ein See um so niedriger liegt, je grösser er ist, und dass in bedeutenden Höhen sich nur kleinere Wasseransammlungen befinden. Es lässt sich dies sehr leicht aus der Configuration der Bergketten und der Thäler begreifen; breite Thäler finden sich ebenfalls meist nur in der Tiefe, während in den höheren Gegenden im Allgemeinen nur schmale Thalrisse vorkommen. Die Kenntniss der absoluten Höhen, in welchen die Wasseransammlungen sich finden, ist in sofern besonders wichtig, als damit auch die absolute Höhe der Ufer gegeben ist, und man sich somit einzig nach diesen Angaben schon eine Idee von der Configuration eines bestimmten Landes machen kann, sowie der Höhe der hauptsächlichsten Städte, welche an den Ufern liegen.

§. 92. Absolute Höhe in Metern.

Todtes Meer	— 419	unter dem Meeresspiegel	Asien.
Caspisches Meer	— 11, 8	„ „ „	
Aralsee	+ 10,91	über „ „	
Baikalsee	432,69		
Gardasee	71	Lombardei.	
Lago maggiore	226		
See von Lugano	300		
Genfersee	375	Die hier aufgezeichneten Wasserbecken welche alle in der ebenen Schweiz sich finden, zeigen zugleich, dass das Niveau dieser Gegend etwa in 400 Meter absoluter Höhe sich findet, und es braucht nur geringer Reflexion und der Zugabe einiger Meter an den geeigneten Orten, um ungefähr sogleich die Höhe der hauptsächlichsten Städte der Schweiz danach angeben zu können.	
Bodensee	398		
Zürichersee	409		
See von Wallenstadt	435		
„ „ Zug	436		
„ „ Neuchatel	437		
„ „ Vierwaldstätten	437		
„ „ Thun	579	In der gebirgigen Schweiz, wo noch weit höher gelegene Seen vorkommen.	
„ „ Brienz	580		
„ „ Annecy	444	Savoyen.	
Schwarzsee	1054	Vogesen.	
Weisssee	950		
See von Ladoga		Nördl. Russland. Liegen kaum einige Meter über dem Meere, und geben so die Höhe des ganzen weiten Plateaus, welches sich von Petersburg bis zum Weissen Meere erstreckt.	
„ „ Onega			
„ „ Ontario	72,80	Seen in Nordamerika, zwischen Canada und den Vereinigten Staaten. Alle diese Seen liegen in dem nämlichen Thalzuge, sind gleichsam nur tiefere Löcher in der Rinne des St. Lorenzflusses, der sie mit einander verbindet.	
„ „ Erie	173,24		
„ „ Michigan und Huronsee	182,40		
Der Obere See	192,15		

Die Seen der europäischen Alpen sind indess bei weitem nicht die höchsten auf der Erde. Der See von Titicaca in den Anden des südlichen Amerika liegt in einer Höhe von 3899 Meter nach den Angaben Alexander v. Humboldt's, und der heilige See des Indus in der Kette des Himalaya, der See von Mapam und Lanka gar in einer Höhe von 5180 Meter über dem Meere. Dieser letztere See ist mehre Monate des Jahres hindurch gefroren und ist den Hindus hauptsächlich deswegen heilig, weil, ihrer Ansicht nach, die vier heiligen grossen Flüsse in seiner Nähe entspringen. Der See von Titicaca bietet ziemlich interessante Localverhältnisse. Die Bergkette der Anden steigt sehr steil aus dem Meere an, so dass er in horizontaler Richtung nur wenige Stunden vom Ufer entfernt ist. Ein Ausfluss nach dem Meere hin würde einen unerhörten Fall und somit eine unermessliche Geschwindigkeit besitzen. Ein solcher existirt aber nicht. Der See liegt im Hintergrunde eines schmalen Längsthales; ein Bach entströmt ihm, der sich in einen zweiten kleineren See ergiesst, in welchem dann das Gleichgewicht zwischen Verdunstung und Zufluss sich herstellt, so dass aus diesem zweiten See kein Abfluss stattfindet. Das Verhältniss zwischen diesen beiden Seen ist etwa ein ähnliches, wie das zwischen dem See Tiberias und dem Todten Meere; ersterer empfängt auch durch den Jordan mehr Wasser als er verdunstet, in letzterem erst stellt sich das Gleichgewicht her. Nur ist bei dem See von Titicaca die Höhe über dem Meere ungeheuer und auch der obere See der bedeutendere, während das Todte Meer gerade grösser als der See Tiberias und seine Höhe eine negative ist.

Zur Vergleichung der relativen Verhältnisse der verschiedenen Accentuirungen des Bodens ist eine Kenntniss der absoluten Höhen der bewohnten Punkte namentlich sehr wichtig. In Frankreich finden wir folgende Höhen der bedeutendsten Städte. §. 93.

	Meter.	
Paris. Der Nullpunkt des Flussmessers am Fusse der Brücke von Tournelle nach einigen Messungen	22,63	Die tiefe Lage von Paris ist sehr auffallend. Es folgt daraus, dass die Seine bis nach Havre nur sehr wenig Fall haben kann.
Nach einer Triangulation von Havre aus .	27,60	
Andere Angaben	26,10	
Im Mittel nimmt man gewöhnlich an . . .	26,00	
Das Becken des Barometers am Observatorium	65,00	

Blois . .	102	Meter.
Poitiers .	118	„
Strassburg	144	„
Bourges .	157	„
Chartres .	158	„

Metz . .	160	Meter. (Die umgebenden Plateaus etwa 200 Meter.)
Lyon . .	162	„
Macon .	170	„
Nancy. .	196	„
Norvins .	203	„
Luneville .	228	„

Man darf hierbei nicht übersehen, dass die relative Höhe von Lyon und Strassburg mit wenigem Unterschiede die nämliche ist, was in sofern merkwürdig ist, als beide Städte an zwei grossen Flussgebieten, Rhein und Rhone, etwa in ähnlichen Verhältnissen sich finden; — die eine an Zusammenfluss von Ill und Rhein, die andere am Winkel von Rhone und Saone. In Italien möchten, zur Kenntnissnahme des Flussgebietes des Po, folgende Punkte wichtig sein.

Mailand	119,81	Meter.
Trema	79,56	„
Verona	59,08	„
Mantua	15,78	„
Padua	11,17	„

Spanien ist im Allgemeinen ein hohes Gebirgsland; besonders reich an Hochebenen, und aus diesem Grunde schon ist seine Temperatur nicht so hoch, als man wohl glauben sollte. Die Lage des Escurial in 1052 Meter Höhe, und die von Madrid, die 608 Meter beträgt, beweisen hinlänglich diese Behauptung.

Die Ebenen im Norden Deutschlands dagegen liegen sehr tief; ein ganzer Strich Landes längs den Küsten der Nord- und Ostsee erhebt sich kaum über 40 Meter; Berlin liegt auf 29 — 32 Meter absoluter Höhe.

Das allmälige Ansteigen des deutschen Landes nach innen zu zeigt sich leicht aus folgenden Höhenangaben. Dresden 90 Meter, Göttingen 134, Cassel 158. — Das innere Plateau von Würtemberg, Baiern und Oesterreich schwankt zwischen 340 bis gegen 500 Meter. — Ulm 369, Regensburg 362, Wien 133, Salzburg 452, Augsburg 475, München 538. — In ähnlicher Höhe finden sich die Gegenden des Erzgebirges und Thüringer Waldes (Freiberg in Sachsen 372 Meter), während Böhmen ein verhältnissmässig tiefes, rings umschlossenes Becken bildet, wo Prag nur 179 Meter absoluter Höhe zeigt. Die bedeutende Niederung der ungarischen Ebenen bis zum Ausflusse der Donau zeigt sich schon aus der geringen Höhe von Wien.

Dieselbe Erscheinung von wenig erhabenen und ungeheuer weit ausgedehnten Ebenen setzt sich, nur in weit grösserem Maassstabe, in das Innere Russlands fort, und die Wasserscheide zwischen dem Schwarzen Meere und Caspischen Meere einerseits und den nördlichen Meeren

andererseits wird weniger durch eine Bergkette als vielmehr durch ein Plateau gebildet, das nur allmälig äusserst sanft ansteigt, so dass der Punkt der Scheidung kaum genauer bestimmt werden kann. Auf der Höhe dieses Plateaus liegen die folgenden Punkte:

	Meter.	
Pinsk	132	
Osmiana	287	
Moskau	92 — 111	
Perm	113	
Kasan	18	Das Becken des Barometers am Observatorium in Kasan hängt in 58,4 Meter absoluter Höhe.
Smolensk	263	
Miask	302	
Slatuosk	359	
Katharinenburg	246	

Ebenso gering als die Erhöhung der Ebenen des europäischen Russlands ist diejenige der sibirischen Ebenen. Dieses ungeheure Land bietet eine unendliche Fläche, die erst weit im Süden sich allmälig nach dem Altai erhebt. Die mittlere Höhe dieser Ebenen von Sibirien beträgt nach Humboldt 78,84 Meter. Der Lauf der Lena ergiebt folgende Zahlen:

Quelle der Lena im Altai	662.
Lena bei Tamenofsk	347.
„ „ Kirenz	237.
„ „ Jakutzk	94.

Andere Punkte Sibiriens und des Altai:

	Meter.	
Tobolsk	35	An der chinesischen Grenze. Auf eine Länge gleich derjenigen Europas finden sich demnach nur etwa 250 Meter Fall.
Der hohe Irtisch	253	
Platask	260	Im Altai. Der See von Telezk soll etwa ähnliche Verhältnisse hinsichtlich seiner Lage und Vegetation darbieten, wie der Brienzersee im Berner Oberlande.
See von Kolivaw	309	
Ust Kamengorsk	257	
See von Telezk	518	

Bengalen und das Pendschab bilden gleichsam die Lombardei Asiens; ein glückliches Land, am Fusse einer hohen Bergkette ausgedehnt, von reichen Strömen bewässert. Seine Erhebung in den ebeneren Gegenden ist wenig beträchtlich. Lahore liegt bei 233 Meter, Delhi bei 253 Meter absoluter Höhe.

Wenn nach beiden Meeren zu die Erhebung Asiens wenig beträchtlich ist, so verhält sich dies anders mit Centralasien, auch abgesehen von den ungeheuren Bergketten des Himalaya, die wir später betrach-

ten werden. Selbst die Wüsten Centralasiens liegen ungemein hoch; diejenige der grossen Bucharei zum Beispiel in 585 Meter absoluter Höhe, Balk in 546, Bokhara in 370 Meter.

Ebenso ist der Süden und Westen bedeutend erhöht, Jerusalem zeigt 805 Meter über dem Meere; in Persien finden sich folgende Ergebnisse:

Erivan	1075	Meter.
Teheran	1222	„
Ispahan	1341	„
Schiras	1360	„
Tabris	1510	„
Erzerum	1657	„

Die so bedeutende Erhöhung des persischen Plateaus scheint selbst die Erklärung der historischen Begebnisse der Vorzeit zu liefern, indem es leicht begreiflich ist, dass ein Volk, wie die Perser, welche auf einem erhabenen Plateau wohnten, kräftiger und kriegerischer gesinnt waren als die in den tiefen Ebenen wohnenden Babylonier und Mesopotamier, deren Reiche sie überflutheten und zerstörten.

---

§. 94. Alexander v. Humboldt hat eine eigenthümliche Art der Bestimmung der Höhe eines Plateaus vorgeschlagen, die namentlich dann von Vortheil ist, wenn es sich darum handelt, die Erhebungen der Continente im Grossen über den Plateaus zu bestimmen. Man sucht zu diesem Ende so genau als möglich die verschiedenen Punkte auf, welche etwa in derselben Horizontalebene liegen, nimmt das Mittel zwischen den höchsten und tiefsten Punkten und gelangt so zu einer Zahl, welche die Höhe des Plateaus ausdrückt, die vorhanden wäre, wenn Alles geebnet und verstrichen wäre. Humboldt hat folgende, uns hier interessirende Mittelzahlen gegeben:

	Meter.	
Das Plateau der Auvergne . . .	339	
„ „ von Baiern	507	
„ „ „ Spanien . . .	682	
„ „ „ Mysore . . .	897 — 998	
„ „ „ Caracas . . .	936	
„ „ „ Persien . . .	1169 — 1364.	Beludschistan findet sich etwa in derselben Höhe.
„ „ „ Popayan . . .	1754	
Unteres Plateau von Abyssinien .	1861	(Plateau des Sees Tzana.)
Südliches Afrika	1949	
Plateau des Nilgherries	2066	
Oberes Plateau von Abyssinien .	2160	(Plateau von Axum.)
Plateau von Kelat	2534	

		Meter.	
Boden des Beckens von Kaschmir		1639 — 1797	nach verschiedenen Autoren.
Plateau d. Kobi-Wüste.	Centrale Aushöhlung .	780	
	Mittlere Höhe . . .	1286	
	Höchste Punkte . .	1657 — 1754	
Plateau zwischen dem Himalaya und dem Kuenlün		3508 — 3898.	

Die verschiedenen Höhen des Amazonenstromes geben einen deutlichen Begriff von dem östlichen Plateau Südamerikas, das gerade nicht sehr erhaben ist.

	Meter.
Amazonenstrom beim Austritt aus den Anden in Schamaya	438
„ bei Tomepeuda	403
Plateau von Cincinnati	156—162
„ „ Mexico	2277
„ „ Peru (Höhe der Stadt Quito)	2908
„ „ Titicaca (Stadt Puno)	3912.

Ein flüchtiger Ueberblick dieser Zahlen lehrt schon, dass die Centraltheile der Continente meist sehr erhaben sind, und dass in dieser Beziehung Asien und Amerika einander so ziemlich die Wage halten. Die höchsten Plateaus von einiger Ausdehnung trifft man noch im Himalaya und den Anden; auch die von diesen hohen Bergketten mehr oder minder abhängigen Ebenen sind meist noch Hochebenen, und, da sie meist dem Aequator nahe liegen, herrliche Länder voll üppiger Vegetation mit schöner, meist gleichmässiger Temperatur, in welche man sogar die Kranken der tiefer liegenden Gegenden zu schicken pflegt. So die Plateaus von Caracas und Popayan, von Mexico und Quito in den Anden; die von Mysore, Kaschmir und den Nilgherries an den verschiedenen Abhängen des Himalaya.

In Afrika fehlt es ebenfalls nicht an Hochgebirgsländern, deren Erhebung oft so bedeutend ist, dass trotz der südlichen Lage die klimatischen Verhältnisse nicht sehr von denjenigen unserer gemässigten Klimate verschieden sind, wie denn dies von den abyssinischen Gegenden, namentlich von Axum, hinlänglich bekannt ist.

Wenig erhaben sind die weiten Länderstriche Nordamerikas und die Ebenen des östlichen Südamerika, die vom Amazonenflusse und dem Orinoco durchzogen werden. Der Maranon hat von Schamaya an bis zum Meere auf eine Länge von 580 Stunden nur einen Fall von 438 Metern, was eben nicht viel sagen will.

Um richtige Ansichten von der Configuration eines Landes zu §. 95.
haben, genügt es aber nicht nur nicht, seine allgemeine Erhebung zu kennen, man muss auch wissen, wie hoch die Berge sind, welche in demselben hervorragen.

In der Nähe von Paris erreicht keine Höhe nur 200 Meter; die höchsten Punkte sind:

			Meter.
Höhen südlich von Meudon			173
Wald von Montmorency			182
Wald von Avaloing bei Alençon			418
Im Inneren Frankreichs	Puy de Jancy in d. Kette d. Mont d'Or		1887
	Dôme de Cantal		1858
	Der Mezen		1766
	Puy de Dôme		1467
Belchen von Gebeweiler (Ballon de Guebwiler)	Vogesen		1426
Elsasser Belchen (Ballon d'Alsace)			1257
Feldberg	Schwarzwald		1493
Blauen			1165
Schneekoppe im Riesengebirge			1608
Fichtelberg im Erzgebirge			1212
Brocken im Harz			1140
Snowdon in Wales			1089
Ben Nevis in Schottland			1352
Guranne tual in Irland			1067
Sneehättan in Norwegen			2500
Hekla	Island		1462
Eyafiella Jekul			1732
Beerenberg			2094
Vesuv			1184
Aetna			3314
Monte rotondo (Corsica)			2672
Monte Velino in den Apenninen			2393
Cerro de Mulhacen	in der Sierra Narada in Spanien		3609
Veleta			3525
Athos in Griechenland			2066
Despoto-Dagh im Balkan			2700
Komm in Montenegro			2900

In den Pyrenäen finden sich eine Menge hoher Gipfel, die alle etwa 3000 Meter erreichen; lange Zeit hielt man den Canigou an der spanischen Grenze für den höchsten, da er ganz isolirt steht und somit von allen Seiten her einen weit bedeutenderen Effect macht, als die anderen höheren Gipfel, die gleichsam nur spitzenartig über die hohe allgemeine Mauer hervorragen.

Pic de Nethou, an welchem der berühmte Gletscher der Maladetta sich findet	3404	Meter.
Mont Perdu	3351	"
Vignemale	3298	"
Canigou	2785	"

Die Provence hat einige, ihrer Aussichten wegen sehr berühmte Berggipfel, welche indess nichts weniger als sehr hoch sind und ebenfalls nur ihrer Isolirung wegen so erhaben scheinen:

Mont Ventoux	. . . .	1960 Meter.
Mont Leberon	. . . .	1124 „
Montagne de Ste. Victoire	. . . . .	940 „

Die südlichen Alpen zeigen weit bedeutendere Erhebungen; namentlich findet sich zwischen dem Departement der Isère und demjenigen der Hochalpen eine mehr isolirte Gruppe bedeutender Gipfel, welche nahe an 4000 Meter erreichen.

Der Obious	2912 Meter.
Mont Viso	3846 „
Grand Pelvoux	3934 „
Pointe d'Arcines	4105 „
Aiguille du midi	3986 „
Le Sure	1924 „
Dent de Granier	1938 „

Der Jura bleibt, gegen diese Höhen gehalten, nur eine niedrige Bergkette; seine Gipfel bleiben meist in einer Erhebung von 1400 bis 1600 Metern; die höchsten sind folgende:

Crête de la neige .	1723 Meter.
Reculet	1720 „
Dôle	1683 „

Die skandinavischen Gebirge werden schon bedeutend höher. Die höchsten Gipfel dieser Kette sind:

Ymesfield	3380 Meter.
Skagtoelstind . . .	3320 „
Glittertinden . . .	3229 „

Die höchsten Gipfel Europas kommen in den Central-Alpen vor; wir haben dort:

	Meter.	
Montblanc . .	4811	in seiner Nähe eine Menge von Gipfeln über 3000 Meter, wie z. B. der Buet 3109.
Monte Rosa . .	4737	ebenfalls mit einer Menge von Gipfeln in seiner Nähe, die etwa 4000 Meter haben, wie z. B. die Mischabelhörner auf dem Saasgrat, das Matterhorn (Mont Cervin) etc.
Finsteraarhorn .	4326	
Jungfrau . . .	4180	
Orteles . . .	3918	
Grossglockner .	3790	

Noch höher schwingt sich der Kaukasus hinan, und wenn man diesen, wie manche Geographen thun, zu Europa rechnen wollte, so wären dort die höchsten Gipfel Europas zu suchen.

Elbruz	Oestlicher Gipfel	5613	Meter.
	Westlicher Gipfel	5637	„
Kasbek		5038	„
Ararat		5220	„

Weit weniger hoch ist der Ural nebst den Gebirgen, die gegen Norden hin seine Fortsetzung bilden, wozu man selbst, trotz der einigermaassen verschiedenen Richtung, die Insel Novaja Zembla rechnet. In diesen Ketten zeigen sich von Süd nach Nord folgende Höhen:

Iremel	1721	Meter.
Konschakuskoi-Kamen	2564	„
Grosser Taganai	1097	„
Obdorskberge	1520	„
Novaja Zembla	1062	„

Ueberhaupt kommen auf dem ganzen europäischen Continente zwischen dem Harz und dem Ural keine höheren Berge vor als der Thurmberg bei Danzig von 333 und das Plateau der Waldai-Kette im Inneren Russlands von 214—257 Metern Höhe.

§. 96. Anders verhält es sich in Asien, wie die nachfolgenden Zahlen aus Centralasien und Kamtschatka beweisen.

Bielukha	Altai	3352	Meter.
Tigraski	Altai	2274	„
Vulcan von Kliantschesk	Kamtschatka	4804	„
„ „ Schivelontsch	Kamtschatka	3214	„
Tutukan-Mutkani in der Kette des Hindu-khu		6237	„
Taktalu dagh		2241	„
Porus		3000	„
Vulcan des Argaens		3992	„
Hassan dagh		2436	„
Belur dagh (Smaus des Altan)		5847	„

Die höchsten Gipfel der Erde endlich finden sich in dem Himalaya, und da die beiden ersten der anzugebenden Höhen mittelst trigonometrischer Messungen bestimmt sind, so kann man zu denselben Vertrauen haben.

Dschamalari	7917	Meter.
Dschavahir	7847	„
Dhawalagiri	8556	„
Höchste Spitzen der Gates auf der Küste von Malabar	1728	„
„ „ „ Nilgherries	2565	„

Einige japanische Vulcane steigen bis zu 3700 Meter an; der Mauna Roa auf den Sandwichinseln bis zu 4141, und der Piton de neige auf der Insel Bourbon zu 3707 Meter.

Vom Inneren Afrikas kennt man nur wenig, und namentlich die höheren Berge nach dem Aequator zu sind durchaus unbekannt. Nur seit der französischen Occupation Algiers hat man den Nordrand dieses Landes einigermaassen genauer kennen gelernt; den Atlas mit seinen terrassenförmigen Abhängen hat man seit dieser Zeit genauer studiren können. Das Innere Algeriens, die Ebenen unmittelbar längs des Strandes ausgenommen, ist im Allgemeinen ein hohes Gebirgsland, die höchsten Plateaus sind diejenigen, wo sich die bekannten Salzseen finden, und diese Höhe wechselt etwa zwischen 800 — 1100 Metern. Setif, das mitten auf diesen Plateaus liegt, zeigt etwa die letztere Erhebungszahl. Die übrigen bedeutenderen Städte liegen meist unterhalb dieses Plateaus auf der zweiten Terrasse des Atlas, einige aber um deshalb höher, als man erwarten sollte, weil sie auf mehr oder minder isolirten Felsen angebracht sind, wo die Vertheidigung leichter ist. So findet sich Constantine in 664 Meter Höhe, Medea bei 920, Tlemcen bei 500, Blidah bei 263 Meter absoluter Höhe.

Die bedeutendsten Berge Algeriens und Maroccos finden sich in der Atlaskette. Der höchste ist der Berg Miltz in Marocco, der manchmal das ganze Jahr hindurch Schnee zeigt und sich bis zu 3475 Meter absoluter Höhe hinanschwingt. Merkwürdiger Weise liegt dieser Berg nebst dem Pik von Musaïa, der 1597 Meter Höhe erreicht, fast genau in einer geraden Linie, die man sich vom Pik von Teneriffa gegen den Aetna gezogen denkt. Andere hohe Punkte sind noch: der Derdschera in der Provinz Algier, 2100 Meter hoch, der Schueriun in der Provinz Constantine, 1727 Meter hoch, und endlich der Mkhila, 1440 M. hoch, in der Nähe von Tunis.

Lange Zeit hindurch hielt man die Cordilleren Amerikas, namentlich den Chimborasso, für die höchsten Gipfel der Welt; in der That sind auch die Höhen derselben nicht gering, und da sie meist trigonometrisch gemessen sind, so verdienen die Angaben vieles Vertrauen.

Nevada de Sorada . . .	7696	Meter.
„ „ Illimani . . .	7576	„
Gualtieri	6705	„
Vulcan von Ocucagna . .	7071	„
Chimborasso	6530	„
Vulcan von Cotopaxi . .	5753	„

Alle diese Gipfel liegen in den Anden Perus und Chilis; die Cordilleren Mexicos steigen im Popocatepetl bis zu 5400 Metern Höhe an, und es ist merkwürdig, dass alle diese hohen Gipfel sich erst von einem Plateau aus erheben, dessen Höhe im Verhältniss zum Gipfel etwa gleich ist. So steigt die Nevada de Sorada von dem Plateau des Sees von Titicaca, der Chimborasso von dem Plateau von Quito, der Popocatepetl von demjenigen von Mexico aus, und wie wir oben sahen,

stehen diese Plateaus etwa in gleichem Höhenverhältniss zu den darüber hervorragenden Gipfeln. Die Rocky mountains, welche die Fortsetzung der Cordilleren darstellen, erheben sich nicht so hoch — einer der höchsten Punkte mag wohl sein der Vulkan von St. Hélène bei Fort Vancouver mit 4876 Metern.

Lange Zeit galt der Pik von Teneriffa, 3710 Meter hoch, für den höchsten Berg, und zwar hauptsächlich deswegen, weil er sich mit seiner Basis unmittelbar aus dem Meere erhebt und deshalb den überraschendsten Eindruck macht. Der neuentdeckte Vulcan Erebus, in der Nähe des Südpols, der mitten im Eise von Capitain Ross in Thätigkeit gefunden wurde, hat eine Höhe von 3779 Metern.

In Australien finden sich folgende Höhen:

Liverpool-Berge	. . . .	1430 Meter.
Adine	blaue Berge . .	1234 „
Kosciusco	blaue Berge . .	1981 „

§. 97. Zur Charakteristik einer Bergkette gehört aber nicht nur die Kenntniss ihrer Spitzen und Thäler, sondern auch diejenige ihrer Pässe, d. h. der Uebergänge, welche man von einer Seite zur anderen findet. Selten finden sich die Bergspitzen isolirt, und deshalb ist auch das alte System der Zeichnung der Landkarten, wonach die Ketten aussahen, wie Reihen von Maulwurfshügeln, deren einer an den anderen gelagert ist, ein durchaus verwerfliches. Die Bergketten bilden im Gegentheile gleichsam hohe Mauern, die bis zu einer gewissen Höhe, und zwar meist bis zur Hälfte ihrer absoluten Höhe eine continuirliche Masse bilden, über welche sich dann, gleich Zinnen, die einzelnen Spitzen erheben. Wären die Gipfel isolirt bis auf den Grund, wie man es in den alten Karten darstellte, und nicht vielmehr Zähnelungen, welche zwischen den Einschnitten der Pässe emporstehen, so würde man sich wahrlich die Mühe nicht genommen haben, über Höhen von 2000 und mehr Metern Kunststrassen zu führen, die Millionen kosteten. Sehr merkwürdig aber bleibt es, dass die Pässe einer jeden Kette sich in gewissen Höhengrenzen halten und oft sogar eine überraschende Gleichförmigkeit in dieser Hinsicht darbieten.

Pässe.		
Port d'Oo . . .	Pyrenäen . .	3002 Meter.
„ vieil d'Estoubé	Pyrenäen . .	2561 „
„ de Pinède . .	Pyrenäen . .	2499 „

	Meter.	
Col de Bonhomme .	2446	
„ „ Ferret . . .	2329	Alle um den Montblanc herum gelegen.
„ „ Balme . .	2302	Alle um den Montblanc herum gelegen.
„ „ Seigne . .	2462	Alle um den Montblanc herum gelegen.
„ „ Géant . . .	3426	Im Inneren der Kette des Montblanc.
„ „ St. Théodule	3410	Am Fusse des Matterhorns.

Grosse Alpenpässe.

Furka	2530	Meter.
Grosse St. Bernhard .	2491	„
Kleine „ „	2192	„
Mont Cenis	2066	„
Col de Tenda . . .	1795	„
Simplon	2005	„
St. Gotthard	2075	„
Splügen	1925	„
Brenner	1420	„

Der Kaukasus ist relativ zu seiner Höhe weit tiefer eingeschnitten, als die Alpen; so beträgt der Pass von Guda nur 2446 Meter.

Im Himalaya kommen Pässe von 5600 Meter Höhe vor; in den Anden halten sie sich etwas über 4000 Meter.

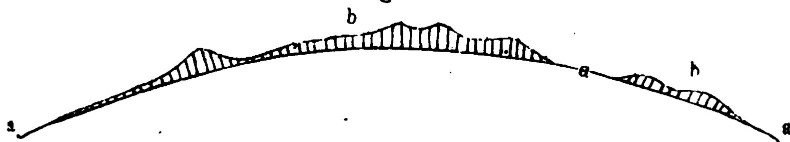
Alto de los Huessos .	Cordilleras	. . 4137	Meter.
Tolapalca		. . 4290	„
Gualillas		. . 4520	„
Paquani		. . 4641	„

7. Volumverhältnisse.

Eine wesentliche Frage, die in Beziehung auf die feste Kruste des Erdkörpers noch aufgeworfen werden kann, ist die über das Volumen der Continente, die aus dem Wasser hervorragen. Die Oberfläche des Meeres bildet einen vollkommenen Bogen, der sich als Kugelfläche darstellt, die Continente und Inseln mit ihren unregelmässigen Formen und Höhen ragen aus dieser Fläche hervor, und es thut oft Noth zu wissen, welche Grösse und namentlich, welches Volumen diese festen Hervorragungen haben. Die Methode der Berechnung ist leicht; ihre Ausführung sehr schwierig und langweilig. §. 98.

Gesetzt, in der beistehenden Fig. 11 bedeute *aa* die allgemeine

Fig. 11.



Oberfläche des Meeres, *b b* zwei Continente, die über dieselbe hervorragen. Man theilt nun, um das Volumen dieser Continente zu kennen, dieselben durch lauter senkrechte Linien in ebenso viele Prismen, als man nöthig findet, um die verschiedenen Höhen der Continente auszudrücken, und berechnet die Grundflächen dieser Prismen. Hat man diese bestimmt, so braucht man sie nur mit der mittleren Höhe der

Prismen zu multipliciren, um das cubische Volumen eines jeden Prismas zu erhalten und daraus dann durch Addition der einzelnen Prismen das Volumen eines jeden Continents zu erhalten. Alexander v. Humboldt hat sich mit vieler Ausdauer diesen mühevollen Berechnungen unterzogen, die besonders darum so schwierig sind, weil namentlich die Höhenangaben für viele Gegenden noch äusserst mangelhaft sind.

§. 99. Die erste Bedingung zur Vervollständigung der Rechnung ist die Kenntniss des Flächeninhaltes der Continente und der verschiedenen Zonen, welche sich in denselben, namentlich je nach der wechselnden Höhe der einzelnen Partien, unterscheiden lassen. Alexander v. Humboldt hat auch diese einzelnen Daten mit vielem Fleiss gesammelt und mit grosser Gründlichkeit und grossem Scharfsinn berechnet. In seinen Zahlen nimmt er die Seestunde als Basis an; Beaumont hat dieselben auf Quadrat-Kilometer reducirt, da dieses Maass ein jetzt durchaus angenommenes ist. Um indessen die hier gegebenen Zahlen leicht in alle möglichen Maasse umsetzen zu können, folgt hier das Verhältniss der Quadrat-Seestunde zu den übrigen ins Quadrat erhobenen geographischen Maassen.

Eine Quadratseestunde ist	=	1,5625	Quadratst. (*lieues de France*).
(*lieue marine carrée*)	=	0,5625	Geograph. Quadratmeilen.
	=	9,0000	Quadratseemeilen.
	=	11,9716	Englischen Quadratmeilen.
	=	30,8642	Quadratkilometer.

§. 100. Wenn man, mit d'Aubuisson, die Abplattung der Pole zu $\frac{1}{305}$ annimmt, so beträgt die Oberfläche der ganzen Erde 509885700 Quadratkilometer.

Alexander v. Humboldt hat die Abplattung zu $\frac{1}{302,78}$ angenommen und erhält deshalb auch eine etwas geringere Zahl von 508175069 Quadratkilometer.

Es wurde schon früher angeführt, dass das feste Land etwa 0,276 der ganzen Oberfläche der Erde, d. h. etwas mehr als ein Viertel derselben einnimmt, während das Meer die übrigen drei Viertel oder genauer 0,724 der Oberfläche bedeckt; berechnet man diese Zahlen nach der d'Aubuisson'schen Annahme der Abplattung, so erhält man für den Flächeninhalt des festen Landes und des Meeres folgende Zahlen:

Festland . . .	=	135629400	Quadratkilometer.
Meere	=	374256300	„ „
Ganze Oberfläche	=	509885700	„ „

§. 101. Für die einzelnen Continente ergeben sich nun folgende Flächenräume:

Europa	9382718	Quadratkilometer.	
Asien	41543216	„	„
Beide Continente zusammen	50925934	„	„
Afrika	29567910	„	„
Nordamerika	18734570	„	„
Südamerika	17623450	„	„
Die alte Welt, Europa, Asien und Afrika zusammen	80493844	„	„
Amerika	36358020	„	„

Die alte Welt ist demnach etwa doppelt so gross als Amerika und der Flächeninhalt der Continente auf der östlichen Halbkugel bedeutend grösser im Verhältniss zu den Meeren. Die Grenze Europas ist an dem Ural genommen, beide Erdtheile aber, Europa und Asien, bilden unter dem physikalischen Gesichtspunkte nur einen grossen Continent, Afrika einen zweiten, Nordamerika einen dritten und Südamerika einen vierten; denn der Zusammenhang zwischen beiden letzteren, deren Flächeninhalt etwa gleich ist, scheint nicht grösser durch die Landenge von Panama, als der von Asien und Afrika durch diejenige von Suez. Balbi in seiner Geographie giebt Zahlen, die einigermaassen von denen Humboldt's abweichen, wahrscheinlich rechnet er die Binnenmeere und Buchten als Festland, während Humboldt diesen Grössen Rechnung trägt. Balbi's Zahlen sind deshalb etwas grösser als die Humboldt'schen; er giebt an:

Europa	9578180	Quadratkilometer.	
Asien	41522633	„	„
Der ganze Continent	51100813	„	„
Amerika	37880650	„	„

Nach den Humboldt'schen Berechnungen, die in mehren seiner Werke sich zerstreut finden, ergeben sich nun folgende Zahlen für den Flächeninhalt der einzelnen Partien der Continente: §. 102.

Frankreich mit Corsica	527686	Quadratkilometer.	
Die pyrenäische Halbinsel, Spanien und Portugal	564815	„	„
Deutschland	658924	„	„
Die Ebenen der Ostsee, Sarmatiens und Russlands, oder das ganze nördliche Flachland bis zum Ural	4876543	„	„
Das Becken der Seine oberhalb Paris mit allen seinen Zuflüssen	43270	„	„
Die Alpen, vom Meere an bis nach Oesterreich	83333	„	„
Die Pyrenäen	23604	„	„

England (ohne Schottland und Irland)	140000	Quadratkilometer.
Böhmen	45000	" "
Die Schweiz	38900	" "

Die sibirischen Ebenen	12345674	" "
Die Wüste Kobi	1296204	" "
Der Porus mit dem Ararat und dem ganzen Plateau des Hindukusch .	256172	" "
Der Kaukasus	83333	" "
Der Altai im Westen des Sees Telesk	135803	" "
Der Ural	104803	" "
Das persische Plateau	833333	" "
Das chinesische Bergland	1679014	" "
Centralasien, die grosse Bucharei etc.	7407407	" "

Die Kette der Anden, südlich von der Landenge von Panama	1820988	" "
Die südamerikanischen Ebenen im Osten der Anden	13104900	" "
Das Flussgebiet des Amazonenstromes	8037030	" "
Die Pampas, das Gebiet des La Plata und Patagonien	4172840	" "
Das Flussgebiet des Orinoco . . .	895062	" "
Das Küstenland westlich von den Anden, Peru und Chili	987715	" "
Die gesammten Ebenen Südamerikas, an beiden Abhängen der Anden .	14092646	" "
Die gebirgigen Gegenden Brasiliens, Venezuela etc.	2839506	" "
Das gesammte Gebirgsland Südamerikas	3530803	" "

Die englischen Besitzungen in Nordamerika, Canada, Labrador, Neusüdwales	6327161	" "
Die nordamerikanischen Freistaaten und zwar das Gebiet zwischen den Alleghanies und dem Mississippi .	1561728	" "
Das Gebiet zwischen dem Mississippi und den felsigen Bergen, Rocky mountains	2237657	" "
Das Flussgebiet des Mississippi, zwischen Alleghanies u. Rocky mount.	3799883	" "
Guatemala und Mexico	2870370	" "
Die Gebirge von Guatemala u. Mexico	1296204	" "

Die Rocky mountains	185278	Quadratkilometer.
Die nördl. Fortsetzung der Anden Südamerikas, Cordilleren v. Mexico und Rocky mount. zusammen genommen	1481481	" "

Die Methode der Vertheilung eines Continentes in eine gewisse §. 103.
Anzahl prismatischer Stücke, deren Basis und mittlere Höhe man kennt, und die daraus gewonnene Schätzung des Volumens eines solchen Continentes kann nur dann genau werden, wenn man neben den speciellsten Höhenangaben von ungemein viel Punkten das genaue Maass des Flächeninhaltes besitzt.

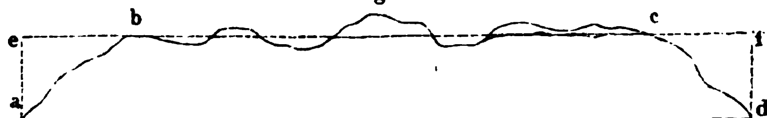
Eine solche Arbeit wäre möglich für Länder, von denen man höchst genaue, ins Einzelnste gehende Karten und ebenso vervielfältigte genaue Höhenangaben hätte, wie z. B. für diejenigen Theile von Frankreich, über welche die neueste Generalkarte sich erstreckt. Die Punkte, deren Höhe über dem Meere bestimmt ist, sind ungemein zahlreich, und indem man sie durch Linien und Dreiecke verbindet, erhält man eine Menge von dreiseitigen Prismen, deren Grundfläche vom Meere gebildet wird und deren mittlere Höhe aus der Vergleichung der Höhe der drei bekannten Punkte der Oberfläche hervorgehen würde. Der Fehler, der auf diese Weise in der Abschätzung der mittleren Höhe der einzelnen Prismen gemacht würde, muss um so kleiner werden, je näher die Punkte des Dreiecks bei einander liegen, und je weniger die Höhen dieser Punkte selbst von einander abweichen, indem dann zugleich die Garantie gegeben ist, dass das in dem Dreiecke umschriebene Land ebenfalls eine ziemlich gleichförmige entsprechende Höhe hat.

Im Allgemeinen ist bei Berechnungen dieser Art zu bedenken, dass §. 104.
die vorragenden Partien des festen Landes, namentlich die Hochplateaus, abgestutzten Pyramiden gleichen, deren Basis ungemein gross im Verhältniss zu ihrer Höhe ist. Die Seiten dieser Pyramiden fallen mehr oder minder steil gegen die tiefer liegenden Gegenden ab. Bei einer genau in das Einzelne gehenden Berechnung müsste dieser allmäligen Abdachung Rechnung getragen werden; allein es lässt sich leicht nachweisen, dass der Fehler nicht gross ist, wenn man, statt einer abgestutzten Pyramide von sehr geringer Höhe, das Plateau wie ein Parallelepipedum ansieht, dessen Seitenwände senkrecht sind, und demnach einfach, um das Volumen des Hochplateaus zu finden, seine Grundfläche mit der mittleren Höhe multiplicirt. Je geringer die Höhe der Pyramide ist, desto mehr nähert sich ihr Volumen demjenigen des einfachen rechtwinkligen Parallelepipedes. Die den Mathematikern bekannte Formel, wonach man den Inhalt einer solchen Pyramide berechnet, ergiebt dies schon; man kann es ebenso leicht durch eine Figur beweisen.

Gesetzt, *abcd* sei eine solche abgestutzte Pyramide, so ergiebt

schon der Augenschein, dass die Zufügung der Winkel *aeb* und *cfd* keinen grossen Unterschied für das Volumen macht; zumal da in dem

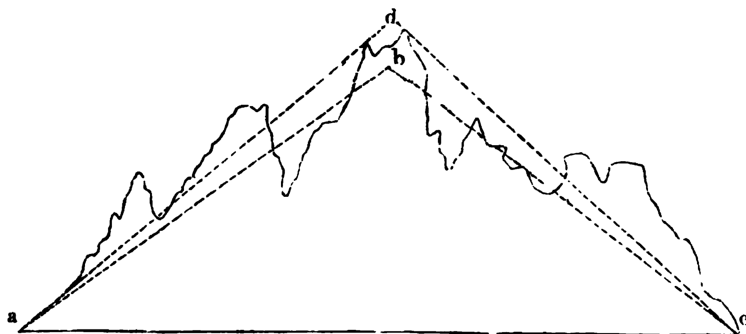
Fig. 12.



gegebenen Falle auf den Plateaus und den vorragenden Theilen der Erdoberfläche stets sich Aushöhlungen, Flussbetten und Becken finden, denen man bei Bestimmung der mittleren Höhe nicht Rechnung tragen konnte, und die deshalb für das Zuviel, was man durch die Ergänzung der Ecken der Pyramide erhält, eine Compensation bilden.

§. 105. Anders verhalten sich die eigentlichen Bergketten. Dieselben mathematisch auf eine abgestutzte Pyramide reduciren zu wollen, wäre gewiss unthunlich, indem sie viel eher einem liegenden dreiflächigen Prisma verglichen werden können. Bei einigen Bergketten kann diese Reduction mit ziemlicher Schärfe ausgeführt werden, weil sie mit ziemlich gleichmässigen Abhängen ansteigen, in ihrer Mitte zu bedeutender Höhe sich erheben und auf der anderen Seite ebenso regelmässig wieder abfallen. Weit schwieriger aber wird diese Operation, wenn mehre Ketten hinter einander folgen, die durch tiefe Einschnitte, weite Thäler und bedeutende Risse von einander getrennt sind, wie dies in der That bei vielen Ketten der Fall ist. Hier tritt dann, selbst bei der grössten Menge genauer Höhen- und Flächenangaben, stets ein willkürliches Element mit in die Berechnung herein, und es hängt mehr oder weniger von der geistigen Anschauung, oft auch von der persönlichen Bekanntschaft des Berechners mit der Bergkette ab, wie hoch er die durch solche Thäler und Sättel gegebenen leeren Räume anschlagen und unter welchem Winkel er die Seiten seines Prismas neigen will, die in einem gegebenen Mittelpunkte zusammenstossen. Es ist klar, dass bei der Bergkette, deren Durchschnitt wir hier beizeichnen, der eine Beobachter das Dreieck *abc*, der andere das Dreieck *adc* als Durchschnitt des

Fig. 13.



Prismas annehmen kann, welches den Cubikinhalt der Bergkette darstellen soll, je nachdem die Thäler und Vertiefungen dem Einen bedeutender im Verhältniss zu den Höhen scheinen als dem Anderen.

Bei Bergketten, deren grösste Erhebung etwa in der Mitte ihres Durchschnittes liegt, kann auch die Reduction auf einen von krummen Flächen begrenzten Körper mit Vortheil angewandt werden. Die Länge der Ketten ist meist weit bedeutender als ihre Breite, und diese wieder unendlich viel grösser als ihre Höhe. Berechnet man nun den Flächen- §. 106.

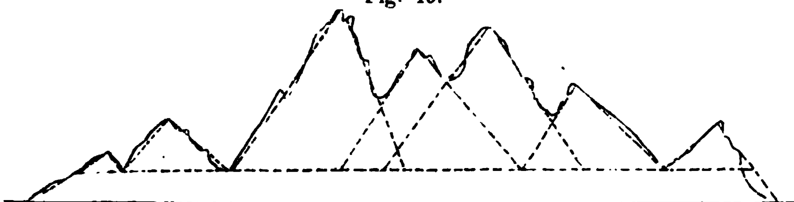
Fig. 14.



inhalt ihrer Basis aus Länge und Breite und begreift man dann die mittleren Höhen der verschiedenen Punkte der Kette in einer ellipsoidischen Curve, deren Biegung und grösste Höhe man leicht bestimmen kann, so wird man ziemlich annähernde Resultate für die Berechnung des Volumens erhalten. Diese Curve erhebt sich dann etwa in gleicher Weise, wie die Kette von der Grundfläche, die durch das Meer gebildet wird, erreicht ihre grösste Höhe an einem gegebenen Punkte und senkt sich dann auf der anderen Seite wieder gegen das Meer hinab. Freilich hängt auch hier wieder die Bestimmung und Schätzung des Verhältnisses zwischen Thälern und Höhen von dem Berechner ab; vielleicht aber wird man nicht so weit von der Wahrheit abweichen, wenn man für die grösste Höhe des Scheitels der Curve die mittlere Höhe der Pässe annähme, welche sich in der Hauptkette finden, und nun, je nach den physischen Verhältnissen des Gebirgszuges, nach beiden Seiten hin die Curve abwärts führte.

Bei anderen Bergketten endlich müsste ein noch weit complicirteres Verfahren eingehalten werden, indem zuweilen die höheren Gipfel gar nicht in der Mitte, sondern auf der Seite liegen, und die Ein- §. 107.

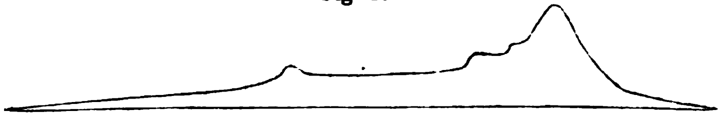
Fig. 15.



schnitte und Thäler so tief sind, dass ganze Stücke gleichsam als isolirte Haufen fester Masse dastehen. In solchen Fällen bliebe dann nur übrig, die ganze Kette in eine gewisse Anzahl von Pyramiden zu zerlegen, deren Grundflächen sich berühren, und aus diesen einzelnen Pyramiden dann den Gesammtinhalt der Kette zu berechnen.

§. 108. Es geht aus allem Gesagten hervor, dass die Bestimmung des Volumens der Gebirgskette, wie man dieselbe auch angreifen möge, stets vielen Schwierigkeiten unterworfen sein wird, die sich eben besonders aus der Unregelmässigkeit ihres Reliefs ergeben. Um diese Ungewissheit so wenig sichtbar als möglich zu machen, hat Alexander v. Humboldt bei Bestimmung des Volumens der Continente eine andere Methode befolgt, welche für die genauer bekannten Theile der Continente ebenso grosse Schärfe und Sicherheit darbietet, als die hier erwähnten, und bei den weniger bekannten Regionen der Länder den Vortheil gewährt, dass sie weniger Veranlassung zu bedeutenden Fehlern giebt. Humboldt geht dabei von der Thatsache aus, dass die Bergketten eigentlich nur einen kleinen Theil der Continente bilden, deren Hauptfläche von Ebenen eingenommen ist, bei welchen die Bestimmung der mittleren Höhe und der Grundfläche, mithin aller zu Berechnung des Volumens nöthigen Elemente, bei weitem leichter und zuverlässiger ist als diejenige der Bergketten. Der Durchschnitt eines Continentes würde in der That etwa folgende Figur darbieten.

Fig. 16.



Mehre Abstufungen von ebenen Gegenden, über welche sich eine oder mehre Bergketten erheben — dies ist das Bild der meisten Continente. Nun berechnet Humboldt zuerst die einzelnen Abstufungen der weiten ebenen Flächen und aus diesen die mittlere Höhe des gesammten Continentes mit Ausschluss der Bergketten, und dann berechnet er, so gut es gehen mag, das Volumen der Erhöhungen, welche diese allgemeine Basis überragen. Denkt man sich nun, dass diese Erhöhungen abgetragen, pulverisirt und gleichförmig über den schon nivellirten Continent ausgebreitet würden, so erhält man als Resultat die genaue mittlere Höhe des Continentes und damit auch seinen Cubikinhalt. Ein Beispiel wird diese Art der Berechnung erläutern. Frankreich hat eine mittlere Höhe von 156 Metern, mit Ausschluss der Pyrenäen. Wenn alle kleineren Höhen im Inneren Frankreichs abgetragen, die Vertiefungen damit ausgefüllt, die Meeresufer senkrecht erhöhet würden, so erhielte man zuletzt eine Scheibe von der jetzigen Grösse Frankreichs, die 156 Meter über dem Meere erhaben wäre und überall mit senkrechten Wänden in dasselbe abfiele. Würden aber die Pyrenäen abgetragen, gepulvert und über diese ganze Fläche gleichmässig vertheilt, so würde der Boden noch um 35 Meter mehr erhöhet werden, und demnach die mittlere Höhe Frankreichs mit Einschluss der Pyrenäen 191 Meter betragen, während die grosse Masse Frankreichs ohne dieselbe nur eine Erhebung von 156 Metern bietet.

Humboldt hat dieselbe Art der Berechnung für die meisten Continente und ihre Bergketten ausgeführt, und gelangt endlich zu dem allgemeinen Resultate, dass die mittlere Höhe sämmtlicher Continente etwa 308 Meter betrage, dass mithin eine Scheibe von dieser Höhe und von dem Flächeninhalte sämmtlicher Continente ein Volumen darbieten würde, welches demjenigen des gesammten Festlandes gleichkommen würde. Das Innere Afrikas ist freilich so wenig bekannt, dass die darauf bezüglichen Rechnungen nur sehr schwankende Resultate darbieten können; allein da Humboldt für die übrigen Continente zu fast völlig gleichen Ergebnissen gekommen ist, so glaubt er mit Recht annehmen zu dürfen, dass auch Afrika an dieser Mittelzahl wenig ändern würde. Im Ganzen ist diese auf langwierige Rechnungen und unendlich viele Einzelresultate gestützte Mittelzahl weit kleiner als man erwarten sollte und als man anzunehmen gewöhnt war. Laplace hatte seiner Zeit, ohne eine genauere Berechnung zu geben, die mittlere Höhe der Continente über dem Meere auf 1000 Meter geschätzt; man sieht, wie weit er von der Wahrheit entfernt war. Ein solcher Irrthum ist indess durchaus verzeihlich und in der Natur der Sache begründet; wir sind gewohnt, die Höhen bedeutend zu überschätzen und die horizontalen Ausdehnungen der Ebenen, welche doch die grösste Flächenausbreitung darbieten, so niedrig als möglich anzuschlagen, so dass in unserem Geiste die Bergketten stets weit grösser und ausgedehnter erscheinen als sie in der That sind. §. 109.

Das Festland bildet indess, wie schon oben angegeben wurde, nur einen kleinen Theil der Oberfläche der Erde, während die Meere mehr als drei Viertel einnehmen. Man berechnet im Allgemeinen den Halbmesser der Erde, indem man die Meeresfläche als Erdoberfläche annimmt und die Erhebung des Festlandes über derselben ganz ausser Acht lässt. Nimmt man aber an, dass alles Festland und Meer zusammen nivellirt und auf eine gleichförmige Oberfläche reducirt wäre, oder, mit anderen Worten, dass das überstehende Festland geschleift und in das Meer geworfen würde, so lange bis dieses letztere in seinem Niveau erhöhet wäre bis zu demjenigen des Festlandes, so würde dadurch ein gleichförmiges Niveau hervorgebracht, welches um 77 Meter höher als das jetzige Meeresniveau wäre. Ein Zuschuss von 77 Metern aber zu der ganzen Länge des Erdhalbmessers ist eine durchaus verschwindende Grösse. §. 110

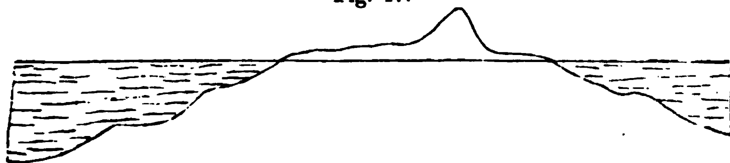
Wir sehen daraus, wie klein das Gebiet ist, über welches die Geologie sich ausdehnen kann. Kaum ein Viertel der Erdoberfläche ist ihren Forschungen zugänglich, und auch hier kann sie nur die Erdkruste bis auf eine mittlere Tiefe von etwa dreihundert Metern erforschen. Freilich ist dies nur wenig, wenn es sich um die Untersuchung der Verhältnisse des gesammten Erdkörpers handelt, von welchem das Innere und drei Viertheile der Oberfläche uns wohl ewig unzugänglich §. 111.

bleiben werden. Allein trotz dieser Beschränkung von materieller Seite gelingt es der Geologie, sich weiter auszudehnen und durch Schlüsse und Analogien, welche auf genauen Beobachtungen beruhen, ihr Gebiet zu vergrössern, und so von den gewonnenen Thatsachen ausgehend und auf diesen fussend, kann sie selbst in solchen Fragen Aufklärung geben, deren unmittelbare Lösung ihr unzugänglich sein würde. Indem sie die klaffenden Wandungen der Risse untersucht, in welche die Erdkruste aufgeborsten ist, findet sie diejenigen Schichten, welche ihr in der Ebene unzugänglich sein würden, im Inneren der Gebirge, und dringt so bis auf Tiefen hinab, die ihr sonst niemals erreichbar sein würden. Der Boden des Brunnens von Grenelle liegt tief unter der Meeresfläche und tief unter jedem auf andere Weise zugänglichen Punkte; aber aus der Bildung des Beckens von Paris, aus der Neigung der Kreideschichten, welche überall an den Hügeln, die in der Umgegend dieses Beckens sich finden, hervorkommen, und deren Verlauf unter den mächtigen Tertiärschichten hindurch sich berechnen lässt, aus diesen Thatsachen konnte die Geologie mit vollkommener Sicherheit voraussagen, welche Schichten man durchsenken müsse, um endlich Wasser zu finden, und sie konnte es wagen, die Verwaltung zur Opferung von Hunderttausenden zu bewegen, und so ein Ziel zu erreichen, das den Meisten als eine höchst ungewisse Speculation erscheinen musste.

§. 112. Nicht minder wichtig als die Frage nach dem Volumen der Continente ist diejenige nach dem Volumen des Meeres. Begreiflicherweise ist uns der Meeresgrund nicht so bekannt, als das Relief des Festlandes, da die Bedürfnisse der Schifffahrt meistens nur zu genauer Sondirung der Küstenstrecken, der Bänke und Riffe, der Untiefen und der Binnenmeere aufgefordert haben. Ueber den Grossen Ocean besitzen wir nur äusserst wenige Angaben, die auch kein vollkommen klares Bild geben können, da bei vielen Sondirungen der Meeresgrund gar nicht erreicht wurde. So erreichte man bei 57 Grad südlicher Breite und 85 Grad westlicher Länge von Paris bei 3140 Metern den Grund noch nicht, und auf einem anderen Punkte des Stillen Meeres liess man das Senkblei 3785 Meter hinab, ohne den Grund zu erreichen. Dreihundert Meilen westlich vom Cap der guten Hoffnung und neunhundert Meilen westlich von St. Helena, etwa mitten zwischen dieser Insel und der brasilianischen Küste, war es ebenfalls unmöglich, den Grund zu erreichen, obgleich man an dem ersteren Punkte das Senkblei bis zu 3615 Metern, an dem letzteren sogar bis zu der entsetzlichen Tiefe von 9144 Metern hinabliess, eine Tiefe, welche die Höhe des Dhawalagiri (8229 Meter) um 915 Meter übertrifft. Wir können demnach mit Sicherheit annehmen, dass bedeutende unterseeische Räume existiren müssen, welche mehr als 6000 Meter Tiefe besitzen, und man wird wohl nicht weit von der Wahrheit abweichen, wenn man diese Zahl etwa als die mittlere Tiefe des Meeres annimmt. Man kann daraus ersehen, dass

die Masse der Continente, welche nur eine geringe Höhe über der Meeresfläche haben, wie wir oben zeigten, und ausserdem nur ein Viertel der Erdoberfläche betragen, gegen die Masse der Meere, die eine so bedeutende Oberfläche und so bedeutende allgemeine Tiefe besitzen, fast gänzlich verschwinden müsse. Es erreichen zwar manche Berge des Festlandes eine Höhe, welche der gemessenen Tiefe des Oceans nahe kommt, allein man muss nicht vergessen, dass dies nur einzelne isolirte Punkte sind, während jene grosse Tiefe des Meeres, die wir obendrein noch nicht einmal ganz genau kennen, sich über weite Flächen erstreckt. Man würde deshalb sehr irren, wenn man, wie dies öfter geschehen ist, annehmen wollte, dass das Profil des Meeresbeckens etwa demjenigen des Festlandes gleichkäme, wenn man dies letztere umkehrte. Wollte man vielmehr ein Profil entwerfen, welches einen Durchschnitt durch eine auf allen Seiten vom Meere umflossene Insel darböte, so würden sich die mittleren Berge, welche das Gerippe dieser Insel bilden, etwa wie ein schmaler spitzer Zuckerhut ausnehmen, von dessen Rande aus sanfte, wenig geneigte Linien bis zum Niveau des Meeres sich hin erstreckten, unter dem sie mit stärkerer Neigung verschwänden. Viele Continente würden auf einem solchen Durchschnitte wie grosse platte Scheiben oder Durchschnitte von Schilden erscheinen, auf deren Mitte eine spitze Erhöhung sich befindet und deren Ränder dann bald unter die Oberfläche des Meeres einfallen, um sich weiter hin in ziemlicher Tiefe fortzuziehen.

Fig. 17.



Diese allgemeine Conformation des Meergrundes hindert indess nicht, dass bedeutende Unebenheiten vorhanden sind, unterseeische Hügel, Bergketten und Thalriffe, sowie gewaltige isolirte Erhebungen, als deren höchster Ausdruck Inseln, wie St. Helena, gelten können, die aus einem ungemein tiefen Meere mit steilabfallenden Wänden aufsteigen. Indess wird doch im Allgemeinen der Meeresgrund mehr den Charakter eines Flachlandes darbieten, das sich nur in der Nähe des Festlandes zu bedeutenderen Terrassen erhebt. Meist findet man in der Nähe der Continente oder Inseln eine solche Terrassenstufe, welche bald mehr, bald minder breit ist, sich mit geringen Schwankungen auf einer mittleren Tiefe erhält und dann fast plötzlich nach der bedeutenderen Tiefe des Oceans hinabsinkt. Auf der beifolgenden Karte (Fig. 18, s. f. S.) ist in der Umgebung von England derjenige Flächenraum des Meeres heller gehalten und durch eine dunklere Schattirung begrenzt worden, dessen §. 113.

Tiefe sich über 200 Metern erhält. Man sieht daraus, dass England, Schottland und Irland nebst allen Inselgruppen bis zu den Shetlands-

Fig. 18.



Inseln eigentlich nur hervorstehende Rippen und höhere Punkte einer continentalen Ausbreitung sind, welche eine Fortsetzung des französischen Festlandes bildet, und dass bei einer Erhebung um 200 Meter

alle diese Inseltheile mit Frankreich vereinigt erscheinen und der sie trennende Canal verschwunden sein würde. Ein langer gekrümmter

Fig. 19 a.

Fig. 20.



schmaler Fiord, der sich um die Südspitze von Norwegen herumschlingt, würde dieses Land von dem erwähnten Continente trennen. Hätte man bei Entwerfung dieser Karte statt einer Tiefenlinie von 200 Metern, eine solche von 400 Metern angenommen, so würde diese zweite Linie nicht weit ausserhalb der ersten gefallen sein, da der Abfall nach dem Atlantischen Ocean fast plötzlich geschieht. Zur Vervollständigung dieser Ansicht von dem Meeresgrunde um England herum fügen wir noch

einige Durchschnitte bei, von denen die drei ersten Profile in der Richtung von West nach Ost gehen, während die beiden unteren das Profil des Meeresgrundes an der engsten Stelle des Canals zwischen Calais und Dover, von der wir ebenfalls ein Kärtchen (Fig. 20) in grösserem Maassstabe geben, veranschaulichen.

Der erste Durchschnitt, Fig. 19 *a*, wird durch eine gebrochene Linie gebildet, welche von dem Punkte *A* auf der Karte in der Nähe der Bank de la Chapelle nach *B* nördlich von der Insel Ouessant, von da nach dem Cap Grisnez (*C* auf der Karte), von da zwischen Dover und Calais durch nach dem Punkte *D* nördlich von Calais und dann in gerader Linie nach dem Cap Lindesnaes an der norwegischen Küste geführt worden ist. Bei Betrachtung dieses Profils sieht man, dass das Cap Grisnez sich warzenförmig über die nur wenig undulirte Fläche erhebt, die zwischen England und Norwegen sich ausdehnt, und dass nur hart an der norwegischen Küste bei dem Punkte *E* jener tiefe Thalriss als schmaler Einschnitt sich darstellt, dessen wir schon vorher erwähnten. Gegen den Atlantischen Ocean hin fällt dagegen die Fläche des Meergrundes allmälig, bis endlich in der Nähe der Bank de la Chapelle ein plötzlicher ungeheurer Absturz in das Becken des Atlantischen Oceans hinüber leitet. Der Durchschnitt *b* ist von Hull an der Einmündung der Humber nach dem Punkte *G*, von da nach Helgoland und hinüber an die friesische Küste bei *J* geführt. Hier zeigt sich eine fast gleichförmige Tiefe, welche nach Osten zu grösser wird, und über welche sich die Bank des Humber bei *G* wie eine Warze und die Insel Helgoland wie eine steile Felsnadel erheben. Das Profil *c* geht von Leith (mit *K* bezeichnet) gerade hinüber nach Cap Lindesnaes und lässt das gleichmässig wellenförmige Becken erkennen, das nun plötzlich in der Nähe von Lindesnaes in dem erwähnten Thalriss zu einer Tiefe von 300 Faden sich hinabsenkt. Das Profil *d* endlich führt von Dungeness an der englischen Küste (α) über die mit dem Namen Ridge bezeichnete untermeerische Erhebung (β) nach Cap Grisnez (γ), das andere *e* von Cap Grisnez (γ) in gerader Linie über die mit dem Namen Varne bezeichnete unterseeische Erhebung nach Folkestone (δ). Man sieht aus beiden Durchschnitten, dass der Canal aus zwei unterseeischen Längsthälern besteht, welche in der Mitte durch eine erhabene Terrainfalte von einander getrennt sind, und deren Tiefe höchstens bis auf 30 Faden hinabgeht. Wir dürfen indess nicht unterlassen zu bemerken, dass bei allen Durchschnitten, die wir hier geben, die Höhenmaasse im Verhältniss zu den Längenmaassen ganz ausserordentlich übertrieben sind. Ein wahrheitsgetreues Profil des Canals zwischen Calais und Dover in richtigem Verhältniss der Längen- und Höhenmaasse ausgeführt, würde sich durch einen einfachen Strich darstellen lassen, der, anfangs haarfein, allmälig anschwölle, hieraus in der Mitte feiner würde, dann wieder anschwölle, um auf der anderen Seite ebenfalls in eine haarfeine

Spitze auszulaufen. Bei einer Dicke, wie man ihn gewöhnlich den Endstrichen unter den Capiteln giebt, würde die Länge einer Seite von unserem Formate nicht hinreichen, um das richtige Verhältniss zwischen Länge und Dicke in diesem Striche herzustellen.

Die Gestalt der Continente, welche uns durch das oben angeführte Beispiel dargelegt wird, beruht zum grossen Theile zwar auf der inneren Structur und auf dem ursprünglichen Relief der Erhebungen, welche die Erdrinde erlitten hat. Die grosse Tiefe, zu welcher die erhabenen Flächen, welche sich unter dem Meeresniveau in der Umgegend der Continente finden, so plötzlich hinabsinken, macht es indessen wahrscheinlich, dass die Aushöhlung der Oceane in der Art, wie sie jetzt bestehen, auch von Anfang an eine gegebene war, wenigstens in ihren allgemeinen Umrissen; wenn auch auf der anderen Seite nicht geläugnet werden kann, dass sie früher eine grössere Ausdehnung besassen, da der grösste Theil des Festlandes aus Schichten besteht, die aus dem Meere abgelagert wurden. Es ist demnach wahrscheinlich, dass diejenigen Kräfte, welche einzelne Theile der festen Erdkruste über das Meeresniveau aufwulsteten, stets wieder an denselben Orten wirkten, und dass die ursprünglichen Festlandkerne, welche über das Niveau sich erhoben, nur nach und nach vergrössert wurden, ohne deplacirt zu werden. Man hat vielfach bei geologischen Hypothesen davon gesprochen, dass bei jeglicher Revolution, von welcher wir Spuren haben, auch das Verhältniss des Festlandes zum Meere sich gänzlich geändert habe, und dass da, wo wir jetzt den grossen Ocean mit seinen unergründlichen Tiefen sehen, früher wohl ein Festland gewesen sein könne, während umgekehrt das ganze, jetzt sichtbare Festland vielleicht einen solchen Ocean dargestellt habe. Aus den angestellten Betrachtungen schon geht hervor, dass Behauptungen dieser Art viel zu weit gehen und dass man nur versichern kann, die Continente hätten sich im Laufe der Zeiten allmälig vergrössert, während ihr Platz vom Anbeginn an schon gewissermaassen vorgezeichnet war. §. 114.

Die Erhöhung des Meeresgrundes im Umkreise der Continente hängt indessen nicht allein von dem ursprünglichen Relief, sondern auch von dem Umstande ab, dass das feste Land einem beständigen Zerstörungsprocesse unterworfen ist, und dass die verwitterten Gesteine von den Gewässern, welche dem Meere zuströmen, weggespült und allmälig in dem Meere abgesetzt werden. Jeder Continent hat auf diese Art einen untermeerischen Zerstreuungskreis um sich, innerhalb dessen die von den Gewässern fortgeführten Materialien abgelagert werden; ohne Zweifel werden dadurch die Unebenheiten des ursprünglichen Reliefs nach und nach ausgeglichen, und wenn nicht auf dem Meeresgrunde Strömungen wären, welche theils durch die Ebbe und Fluth, theils durch andere Ursachen bedingt werden und die durch die Heftigkeit ihrer Bewegung nicht nur die angesammelten Materialien weg- §. 115.

reissen, sondern sogar tiefere Rinnsale bilden, so würde um sämmtliche Continente eine gleichförmige, sanft gegen das Meer hin geneigte, untermeerische Flache entstehen.

§. 116. Die Dicke der Continente ist so unbedeutend und das Relief, welches die Berge bieten, im Verhältniss zu dem Erdhalbmesser so gering, dass es unmöglich wäre, dieselbe auch bei einem grossen künstlichen Globus fühlbar zu machen. Bei einer Kugel von 30 Centimeter (1 Fuss) Halbmesser würde die ganze Dicke der Lage, in welcher das Relief der Continente ausgearbeitet werden müsste, nicht mehr betragen als die Dicke einer gewöhnlichen Firnisslage, mithin würde das Relief gar nicht darstellbar sein. Um dies geringe Volumen der Continente noch fühlbarer zu machen, braucht man nur zu bemerken, dass ein aus der Erdkugel geschnittenes pyramidalisches Stück, das eine quadratische Basis von nur 450 Meter Seite auf der Erdoberfläche hätte, und dessen Spitze sich in dem Mittelpunkte der Erde befände, ein ebenso grosses Volumen haben würde, als alle Continente zusammengenommen. Es würde ganz unmöglich sein, an einem Kürbis ein Stück herauszuschneiden, das so fein wäre, wie der hier berechnete Ausschnitt aus der Erdkugel.

§. 117. Um indess auf die Meere zurückzukommen, so erscheint es schon leichter, das Volumen derselben zu berechnen, sobald man sich nur über die mittlere Tiefe derselben verständigt. Die Oberfläche des Meeres beträgt 3742563 Quadrat-Myriameter. Nehmen wir nun die mittlere Tiefe zu 5000 Metern oder einem halben Myriameter an (Annahme, die eher zu klein als zu gross sein dürfte), so erhalten wir für das Volumen der sämmtlichen salzigen Gewässer die Summe von 1871281 Cubik-Myriameter. Die Erdkugel im Ganzen hat ein Volumen von 1082634000 Cubik-Myriametern; die Meere betragen demnach $\frac{1}{578}$ von dieser Summe und das aus dem Wasser hervorstehende Festland nur $\frac{1}{3254}$.

§. 118. Solche Berechnungen könnten vielleicht für den speciellen Zweck, den wir zu verfolgen hier beabsichtigen, unnütz erscheinen; sie sind aber im Gegentheil oft von ungemeinem Vortheile, indem sie nicht nur eine klare Vorstellung der gegenseitigen Verhältnisse geben, sondern auch oft unmittelbar die Absurdität mancher aufgestellten Meinungen darthun. So hat man z. B. oft und vielfach behauptet, die festen Massen, welche die Erde zusammensetzen, seien früher in dem Wasser aufgelöst gewesen, und hätten sich nur allmälig daraus niedergeschlagen. Wenn dieses wahr wäre, so müsste ein Kilogramm Meerwasser 578 Kilogramm erdige Substanzen in Auflösung gehabt haben; ein Verhältniss, welches bei der geringen Auflöslichkeit der mineralischen Substanzen, aus denen der Erdkörper besteht, geradezu eine baare Unmöglichkeit

ist. Eine Hypothese aber, die auf eine Unmöglichkeit basirt ist, kann nur Unsinn sein.

Die Gewässer bilden etwa drei Viertel der Erdoberfläche und haben eine mittlere Tiefe von 5000 Metern. Würde man diese Wassermasse gleichmässig vertheilen über die ganze Fläche der Erde, so erhielte man ein Meer von 3750 Meter Tiefe; denn die Continente würden nur hinreichen, 1250 Meter Tiefe auszufüllen. Alles organische Leben wäre durchaus unmöglich bei einer solchen gleichmässigen Vertheilung des Gewässers und bei so ungeheurer Tiefe des überall die Erdkugel umgebenden Meeres. Es leben freilich viel Pflanzen und Thiere in der See und wir finden deren fast in allen Breiten in dem Wasser schwimmend; allein wir dürfen dennoch nie vergessen, dass eigentlich doch nur die eigenthümliche Bildung der Continente und die flachen, wenig tiefen Küstenstriche das organische Leben möglich machen. Auf dem Meeresgrunde von mehr als 1000 Meter Tiefe leben keine Thiere, keine Pflanzen mehr, und die Existenz der wenigen Hochseethiere, welche über den Untiefen schwimmen, ist innig mit denjenigen verknüpft, welche an den flachen Küstenstrichen sich aufhalten. Ein ähnliches Verhältniss zeigt sich auf dem festen Lande. Das wahre, üppige, productive Leben findet sich nur in den Niederungen, in den flacheren Strichen; je höher man sich an den Bergen erhebt, desto ärmlicher wird die Vegetation, desto beschränkter das thierische Leben; auf den höchsten Schneegipfeln ist alles Leben verschwunden, und nur der Adler, der in den Lüften kreist, kann dort leben unter der Bedingung, dass er tiefer unten seine Nahrung findet. So zeigt sich denn die Entwickelung des organischen Lebens auf der Erde tief mit der Bildung der unorganischen Elemente verwebt und die eigenthümlichen Formen des Festlandes wie der Meeresbecken erscheinen nicht so bedeutungslos für das Leben der auf und in ihnen lebenden Schöpfungen, wie man von vornherein glauben könnte. §. 119.

Der Erdkörper an sich besteht indess nicht bloss aus festen und tropfbar flüssigen Theilen, aus Festland und Meer; er hat auch noch eine elastisch flüssige, luftförmige Hülle, die um so weniger ausser Acht gelassen werden darf, als die in ihr vorgehenden Erscheinungen nicht ohne wichtigen Einfluss auf die anderen Elemente bleiben. Die Masse der Atmosphäre ist nur gering im Verhältniss zu dem ganzen Erdkörper, sie beträgt nur $\frac{1}{352}$ der gesammten Masse des Meeres, und dennoch, so gering auch dies Verhältniss scheinen mag, so ist es doch die Atmosphäre fast allein, von deren Bewegungen diejenigen der gesammten Wassermasse abhängen. In der That sind die Wellen und Strömungen hauptsächlich den in der Atmosphäre entstehenden Strömungen der Winde und Stürme zuzuschreiben, und mit Ausnahme der §. 120.

Ebbe und Fluth, die von anderen Ursachen abhängen, ist die Atmosphäre der einzige Heerd aller Meeresbewegungen. Diese aber sind nicht ohne Einfluss auf die Constitution des festen Landes; der Wellenschlag des Meeres gehört mit zu den hauptsächlichsten Zerstörungsursachen, welche beständig an der Existenz des festen Landes nagen, und seine Spuren lassen sich in allen geologischen Epochen deutlich wahrnehmen und verfolgen. Auch dies Beispiel zeigt wieder aufs Neue, dass man nicht die Grösse der Wirkung nach der Masse der ursächlichen Momente berechnen darf, sondern dass oft gewaltige Wirkungen auch durch kleine, unbedeutende Massen erzeugt werden können. Freilich ist auf der anderen Seite wieder zu bedenken, dass diese mittelbaren Wirkungen der Atmosphäre für uns zwar von sehr bedeutender Grösse erscheinen müssen, da wir mit unserer Existenz sowohl als auch hinsichtlich der speciellen Wissenschaft der Geologie fast nur auf das feste Land angewiesen sind; während auf der anderen Seite in Bezug auf den ganzen Erdkörper diese Wirkungen nur höchst unbedeutend, ja fast verschwindend klein sind, weil sie eben nur sehr langsam und allmälig ausgeübt werden und auch nur auf einen sehr kleinen Theil der Erde, nämlich auf die Küsten des Festlandes wirken. Auch dies Verhältniss darf nicht ausser Acht gelassen werden; es ist nur zu natürlich, dass wir Erscheinungen, die uns näher betreffen, weit bedeutender anschlagen, als sie wirklich sind, und es ist deshalb nothwendig, stets bei solchen Gelegenheiten sich das Verhältniss, in welchem die uns zur Untersuchung vorliegenden Erscheinungen zu dem Gesammtkörper der Erde stehen, recht lebhaft vor Augen rücken.

8. Allgemeine Orographie.

§. 121. Im Allgemeinen unterscheidet man auf dem Festlande Ebenen und Berge. Diese beiden Bezeichnungen aber, so fest und bestimmt sie auch erscheinen mögen, sind doch im Ganzen nur sehr relativ, und was an dem einen Orte als Ebene erscheint und auch als solche angenommen wird, könnte anderwärts schon als Bergkette betrachtet werden. Ebene sollte eigentlich, dem Wortsinne nach, nur jede horizontale Fläche heissen; allein die Landes bei Bordeaux, die Marschländer Hollands und Frieslands ausgenommen, möchten nur sehr wenig solcher vollkommen horizontaler Flächen von einiger Ausdehnung in Europa sich finden lassen, und auch bei diesen muss man noch über die zahlreichen Canäle und Rinnsale von Flüssen und Bächen hinwegsehen. In der Nähe von Bergen, die eine bedeutende Höhe erreichen, nimmt man es mit dem Worte Ebene schon weit weniger genau, und je höher die Bergkette ist, je schroffer ihr Absatz gegen das umliegende Land erscheint, desto grössere Unregelmässigkeiten kann auch die Um-

gebung zeigen, ohne dass man ihr deshalb den Charakter der Ebenen streitig macht.

Wenn man von einem Hochgipfel der Pyrenäen herab über das weite Land hinaus schaut, das sich im Norden dieser Gebirgskette ausbreitet, so glaubt man nur eine weite Ebene vor sich zu haben, und Geographen wie Touristen reden von der Ebene der Gascogne. Und dennoch ist diese Gascogne keine Ebene, sondern ein Hügelland, dessen Hügel von vielfachen Thälern durchschnitten sind und dessen Erhebungen in Holland für hohe Berge gelten würden. Von dem Belvedere der Pyrenäen erscheint aber das ganze Land wie eine weite Fläche, da die Hügel in ihrer Höhe nicht sehr von einander verschieden sind und die Thäler kaum erkenntlich als dunkle Linien zwischen denselben sich hinziehen. Noch auffallender ist dies Verhältniss in der Schweiz. Die Molasseberge, welche in dieser vorkommen, sind so hoch, als manche für hohe Berge geltende Bergketten anderer Länder; sie verschwinden aber gegen die gewaltigen Kolosse der Alpen, und im Verhältniss zu diesen erscheinen sie nicht bedeutender als kleine Hügel in flacheren Gegenden. Man spricht deshalb auch allgemein von der ebenen Schweiz und hat ein Recht, sich so auszudrücken, da in der That diese Anhöhen, den Alpen und dem Jura gegenüber, nicht für bedeutend gelten können.

Schon oben wurde erwähnt, dass wir von Natur aus dazu geneigt §. 122.
sind, die Berge viel höher anzuschlagen, als sie wirklich sind, ihre Grösse und Wichtigkeit zu überschätzen und dagegen die Ausdehnung der Ebenen, den Flächeninhalt des platten Landes herabzusetzen und zu verringern. Geht man aber nun noch weiter und vergleicht man die Gebirge mit dem Gesammtkörper der Erde, so erscheinen sie am Ende so verschwindend klein, dass es kaum der Mühe werth scheint, dieselben näher ins Auge zu fassen. Zu diesem Endzweck scheint es nicht überflüssig, die Höhe der bedeutendsten Gipfel über dem Meere mit der Länge des Erdhalbmessers zu vergleichen. Bekanntlich ist dieser grösser an dem Aequator als an den Polen, da die Erde in der Richtung ihrer Axe zusammengedrückt ist, und zwar ist der Aequatorialhalbmesser um 20908 Meter grösser, als derjenige der Pole. In den nachfolgenden Zeilen ist die Höhe einiger der erhabensten Gipfel der Erde im Verhältniss zu der mittleren Länge des Erdhalbmessers berechnet und ebenso, in der letzten Rubrik, das Verhältniss dieser Höhe zu der Grösse der Abplattung gegeben.

Name des Berges.	Absolute Höhe in Metern.	Bruchtheil des Erdhalbmessers, den die absolute Höhe darstellt.	Bruchtheil der Abplattung.
Dhawalagiri	8556	$\frac{1}{770}$	0,4080
Dschawahir	7821	$\frac{1}{813}$	0,37407
Nevado de Sorata	7696	$\frac{1}{871}$	0,36809
Montblanc	4820	$\frac{1}{1321}$	0,23005

Es geht aus dieser Tabelle hervor, dass die grössten Höhen der Erdgebirge noch nicht einmal so bedeutend sind als die Dicke des Meniscus, den man sich um den Aequator denken kann, und dass man demnach füglich das ganze Relief der Continente aus diesem Meniscus bilden könnte, ohne noch so tief gehen zu müssen, als die Abplattung der Pole geht. Noch mehr aber ist zu bedenken, dass hier nur einzelne isolirte Punkte, deren Höhe im Verhältniss zu den übrigen Theilen des Festlandes ganz excentrisch ist, in Berücksichtigung genommen wurden, und dass die Zahlen verschwindend klein würden, wenn man die gewöhnlichen Höhen der meisten Bergketten in Betracht ziehen wollte.

§. 123. Bemerkungen dieser Art sind indess nicht neu und schon in früheren Zeiten gemacht worden. Dolomieu schon sagte, die Bergketten und Unebenheiten der Erde seien nicht einmal so bedeutend, als die Runzeln auf der Oberfläche einer Apfelsine oder wie die geringen Rauhigkeiten auf der Schale eines Eies. Diese letztere Vergleichung ist ohne Zweifel die beste, weil sie das Verdienst hat, zugleich auf die innere Beschaffenheit hinzudeuten, da die Erdkugel, etwa wie ein Ei, ebenfalls aus einer dünnen harten Schale und einem flüssigen Kerne besteht. Doch aber ist die Vergleichung insofern nicht ganz treffend, als die Rauhigkeiten ziemlich gleichmässig auf der ganzen Oberfläche des Eies vertheilt sind, während sie auf der Erde nur wenig zerstreute Punkte oder kleine Linien bilden würden. Man müsste demnach, um eine noch grössere Aehnlichkeit zu haben, das Ei abschleifen und poliren und nur an einzelnen Stellen seine ursprüngliche Rauhigkeit belassen.

§. 124. Berge und Ebene sind im Allgemeinen sehr unregelmässig auf dem Festlande vertheilt, und man thut deswegen wohl, bei der Betrachtung der Reliefformen des Landes noch andere Unterschiede zu machen. Im Allgemeinen kann man zuerst unter Hochländern und Tiefländern unterscheiden, eine Bezeichnung, wobei man hauptsächlich die mittlere Höhe ausgedehnter Landstriche in das Auge fasst.

Die Tiefländer beginnen gewöhnlich unmittelbar an den Küsten des Meeres und erheben sich allmälig mit sanfter Ansteigung gegen das Innere der Continente hin, so zwar, dass sie ohne genauere Nivellirung dem Auge meist als vollkommene Ebenen erscheinen. Norddeutschland bis zu dem Wesergebirge hin, das europäische Russland, der grösste Theil der ostindischen Halbinsel, die Pampas Südamerikas, die Küste von Texas etc. geben Beispiele solcher Tiefländer, welche unmittelbar unter das Niveau des Meeres einschiessen, während andere ziemlich tief gelegene Ebenen, wie z. B. Niederungarn, die Provence, das Tiefland zwischen den Alleghanies und den Felsengebirgen in Nordamerika, Beispiele von Tiefländern bieten, welche grösstentheils durch Bergketten eingeschlossen in dem Inneren der Continente liegen.

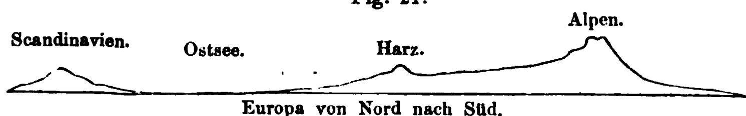
Die Hochländer finden sich meistens mehr in dem Inneren der Continente und lassen einen zweifachen Typus erkennen. Zuweilen nämlich stellen sie sich als Hochebenen oder Tafelländer dar, als ausgebreitete Ebenen, welche meistens zwischen zweien Gebirgsketten, wie zwischen einem Rahmen ausgespannt liegen und im Allgemeinen eine ziemlich gleiche Höhe zeigen. Das Plateau von Centralfrankreich, das baierische Plateau zwischen den Alpen und dem Fichtelgebirge, die Hochländer von Persien, von der Wüste Copi in Asien, von Caracas in Südamerika bilden Beispiele solcher hochgelegenen Tafelländer, die meistens eine sanfte Neigung von einer zu der anderen Kette darbieten und deren Relief gewöhnlich nur durch die Erosionen und Ausspülungen der fliessenden Wasser verändert wird. Anders verhält es sich mit den eigentlichen Gebirgsländern, in welchen durch die Aufrichtungen der Schichten, die Durchbrüche der ungeschichteten Massen ein grosser Wechsel in der absoluten Höhe nahe neben einander liegender Punkte erzeugt wird. Gewöhnlich finden sich die Gebirgsländer oder Gebirgszonen am Rande der Hochebenen und bilden so gewissermaassen den Rahmen, zwischen welchem diese ausgespannt sind.

Im Allgemeinen kann man das Gesetz aufstellen, dass die bedeu- §. 125.
tenderen Bergketten, denen als solchen ein grosser Einfluss auf das allgemeine Relief eines Continentes zukommt, auf beiden Seiten mit Ebenen von sehr verschiedener Höhe in Verbindung stehen, und dass gewöhnlich auf der einen Seite eine Hochebene, auf der anderen Seite aber ein Tiefland solche Gebirge begrenzt, so dass sie einerseits mit steilen Gehängen fast unmittelbar aus dem Meere oder einer nur wenig über dasselbe erhabenen Tiefebene sich aufschwingen, während andererseits ihre Abfälle sich allmälig nur in ein Hochland abschleifen. So finden wir auf der einen Seite der Alpen die Hochländer der Schweiz, Baierns und Oesterreichs, auf der anderen Seite das Tiefland der Lombardei, welches mit langsamer Senkung unter die Meeresfläche einschiesst. An dem Himalaya finden sich in ähnlichen Verhältnissen einerseits Ostindien, die Lombardei Centralasiens, andererseits das Centralplateau der

Mongolei und Persiens. Bei den Cordilleren Südamerikas finden wir westlich die steilen Abhänge, welche durch die schmalen Küstenstriche von Peru und Chili in das Meer abschiessen, östlich das brasilianische Hochland, das nur allmälig in die Pampas und Savannen übergeht.

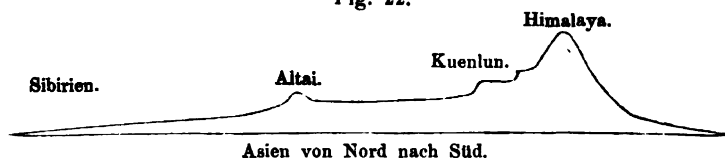
Betrachtet man die Durchschnitte der Continente, welche mit Beziehung auf diese Verhältnisse angefertigt sind, so sieht man meist, dass zwar eine Hauptgebirgskette vorzugsweise das Relief eines solchen Continentes bestimmt, dass aber gewöhnlich noch andere Gebirgsketten zweiten Ranges vorhanden sind, welche der Hauptzone parallel laufen und so gleichsam den Rahmen vervollständigen, zwischen welchem der Continent aufgehäuft ist. Auf den beigefügten Durchschnitten der fünf Continente erscheinen so die verschiedenen Gebirgsketten gewissermaassen wie Nähte, in welchen die einzelnen Abtheilungen des Festlandes, welche verschiedene Höhen besitzen, zusammengeschweisst sind, und wir werden in der Folge sehen, dass diese Art der Betrachtung durchaus nicht so ungereimt ist, als sie auf den ersten Blick scheinen dürfte, da die Bergketten in der That gewöhnlich Risse der festen Erdkruste darstellen, die durch feuerflüssige aus der Tiefe hervorgedrungene Massen zugestopft und gewissermaassen zusammengeleimt sind.

Fig. 21.



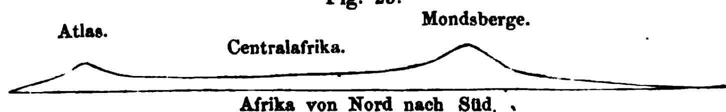
Europa von Nord nach Süd.

Fig. 22.



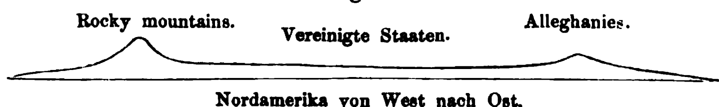
Asien von Nord nach Süd.

Fig. 23.



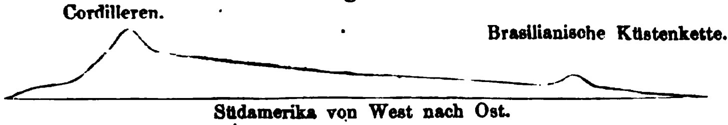
Afrika von Nord nach Süd.

Fig. 24.



Nordamerika von West nach Ost.

Fig. 25.



Südamerika von West nach Ost.

Die äusseren Contouren der Continente hängen, wie leicht ersichtlich, hauptsächlich von der Vertheilung der Gebirgszonen ab, an welche die verschiedenen Ebenen sich anlehnen, und diese Vertheilung scheint wieder allgemeinen Gesetzen unterworfen, die aus der geologischen Structur hervorgehen. Schon Baco von Verulam, noch mehr aber später Buffon, Steffens und Forster hatten als allgemeines Gesetz für die Bildung der Continente hervorgehoben, dass die Hauptmasse des Festlandes in der gemässigten Zone der nördlichen Hälfte angehäuft sei, während die südliche Erdhälfte nur wenig Festland enthalte; sie hatten ferner bemerkt, dass dies Verhältniss grossentheils damit zusammenhänge, dass die Continente nach Süden hin in mehr oder minder lange Spitzen auslaufen, welche sich nach und nach in dem Meere verlieren, während sie nach Norden hin breite, ausgedehnte Massen darstellen. Dies ist der Fall mit den Continenten im Grossen, wie auch besonders noch mit den Halbinseln und Inseln. Der südamerikanische Continent setzt sich nach Süden hin in die schmale Zunge des Feuerlandes fort, Afrika und Neuholland zeigen nach Süden hin gerichtete einfache Spitzen, die bei dem letzteren noch durch Vandiemensland vergrössert ist. Asien zeigt mehre Spitzen in Vorder- und Hinter-Indien, sowie in Arabien; Europa mehre in Italien, Griechenland und Spanien; Nordamerika ebenfalls mehre in Californien, Mexico und Florida. Die meisten Halbinseln laufen spitz nach Süden aus, während sie im Norden mit dem Festlande zusammenhängen; Californien, Florida, Kamtschatka, Scandinavien, Italien, der Peloponnes, Hinterindien, Korea sind in diesem Falle, und es finden sich nur wenige Inseln oder Halbinseln, bei welchen, wie z. B. bei Grossbritannien, die Spitze nach Norden und die Basis nach Süden schaut, was dann meistens mit ganz besonderen Umständen zusammenhängt. Der Zusammenhang der Continente durch schmale Landengen, denen meistens ein bedeutender Inselarchipelagus vorliegt, sowie die entsprechenden Aushöhlungen und Vorsprünge derselben lassen noch mancherlei Analogien dieser Art erkennen, die man auf verschiedene Weise auszubeuten versucht hat. §. 126

So glaubte Pissis nachweisen zu können, dass zwischen der Richtung der verschiedenen Bergketten und den Küstenlinien der Continente und Inseln ein äusserst enger Zusammenhang existire, und dass beide Bogenabschnitte von grössten Erdkreisen bilden, welche sich an verschiedenen Stellen wiederholen. Sämmtliche Streichlinien der Conti-

nente sollten diesen Untersuchungen zufolge durch etwa 15 grösste Kreise dargestellt werden können, deren Zusammenstellung uns hier unmöglich wäre. Im Gegensatze hierzu glaubt James Dana zwei Hauptrichtungen nachweisen zu können, die sich unter einem rechten Winkel kreuzen und von denen die eine von Nordost nach Südwest, die andere von Nordwest nach Südost läuft. Diese beiden Streichlinien sollen hauptsächlich die Gestalt der Continente im Grossen bestimmen und die übrigen untergeordneten Streichlinien der Küsten sollen auch dann, wenn sie diesen beiden Hauptlinien nicht angehören, mehr oder minder rechtwinklig zusammentreffen.

§. 127. Mit den Verhältnissen der Gebirgszonen hängen besonders noch diejenigen Eigenthümlichkeiten in der Bildung der Continente zusammen, welche man mit dem Namen der Gliederung der Continente bezeichnet hat. Man betrachtet hierbei hauptsächlich die Abrundung der Continente zu einem geschlossenen Ganzen, was meistens eine ziemlich einfache geometrische Figur darstellt, und die von dieser Figur auslaufenden Spitzen und Rippen, welche man im Allgemeinen mit dem Namen der Glieder bezeichnet, während die Grundfigur der Stamm genannt wird. Von dieser Gliederung der Continente hängt hauptsächlich das Verhältniss der Küstenerstreckungen zu dem inneren Flächenraume ab, und im Allgemeinen kann man sagen, dass die Culturfähigkeit eines Continentes um so grösser ist, je bedeutender das Verhältniss der Glieder zu dem Stamm sich darstellt. So zeigt sich Afrika als der geschlossenste Continent, der ohne den Ausschnitt des Meerbusens von Guinea eine fast regelmässige Eilinie darstellen würde, die an der Seite ihres stumpfen Endes durch die schmale Landenge von Suez mit Asien zusammenhängt. Das Verhältniss der Küstenerstreckung zu dem inneren Flächenraume Afrikas ist deshalb auch ungünstiger wie bei allen anderen Continenten, indem auf 534000 Quadratmeilen Flächeninhalt nur 3500 Meilen Küstenlänge, also auf je 152 Quadratmeilen Flächenraum 1 Meile Strand kommt.

Mit demselben Rechte, mit welchem man Afrika als einen besonderen von Asien unabhängigen Continent betrachtet, obgleich die Landenge von Suez beide verbindet, muss man auch Amerika in zwei Continente, Südamerika und Nordamerika, zerfällen, welche durch die schmale Landenge von Panama mit einander verbunden sind. Südamerika steht nun hinsichtlich seiner Geschlossenheit Afrika am nächsten; es bildet etwa ein rechtwinkliges langgestrecktes Dreieck ohne Ausläufer, das auf 321000 Quadratmeilen Flächeninhalt 3400 Meilen Küstenlänge hat, woraus ein Verhältniss zwischen Land und Küste wie 94 zu 1 sich ergiebt.

Günstiger schon ist Neuholland gestellt, das zwar im Allgemeinen eine ziemlich gleichförmige Contour darbietet, aber durch viele kleine Einschnitte das Verhältniss zwischen Land und Küste wieder günstiger

herstellt. Trotz dem, dass man auch bei diesem Inselcontinente keine Gliederung annehmen kann, so findet man doch auf etwa 138000 Quadratmeilen Flächeninhalt eine Küstenlänge von 1900 Meilen, was ein Verhältnis von 73 : 1 ergiebt.

Die drei südlichen Continente, Südamerika, Afrika und Neuholland, zeigen sich demnach als ungegliederte Stämme mit grosser Abgeschlossenheit und geringer Küstenerstreckung im Verhältniss zu dem Flächeninhalt und bieten demnach ungünstige Bedingungen der Culturentwickelung dar.

Europa und Asien bilden in geographischer Hinsicht eigentlich nur einen einzigen Continent, als dessen Körper Asien anzusehen ist, während Europa nur einen Fortsatz davon bildet. Betrachtet man diesen Continent in seiner Gesammtheit, so erscheint er vielfältig gegliedert nach West, Süd und Ost, während seine Küstenlinie nach Norden hin verhältnissmässig eine ziemlich einförmige ist. Die Gesammtoberfläche des europäisch-asiatischen Continents beträgt 970000 Quadratmeilen, die Küstenlänge 12000 Meilen, was für die Gesammtheit ein Verhältniss wie 80 : 1 gäbe, etwas geringer, wie dasjenige von Neuholland, etwas bedeutender als das südamerikanische.

Betrachtet man dagegen Asien als einen isolirten Continent, so findet man, dass seine Glieder, zu welchen hauptsächlich Kamtschatka, Korea, Hinterindien, Vorderindien, Arabien und Kleinasien gehören, etwa ein Fünftheil des ganzen Continentes ausmachen, der im Ganzen etwa 800000 Quadratmeilen Flächeninhalt auf 7700 Meilen Küstenerstreckung hat, so dass auf je 105 Quadratmeilen Land eine Meile Küste kommt. Trotz der bedeutenden Gliederung Asiens würde demnach das Verhältniss der Küstenerstreckung zu dem Flächeninhalte sich geringer herstellen als bei Südamerika, wenn nicht Europa als der gegliedertste Continent überhaupt ein bedeutendes Gewicht in die Wagschale legte.

Bei Europa kann man eigentlich nicht von einem Stamme sprechen; wenn man aber einen solchen annehmen will, so kann man ihn durch ein Dreieck umschreiben, dessen eine Seite durch die Erstreckung des Ural gebildet wird, während die entgegenstehende Spitze an den Pyrenäen sich fände. Als wesentliche Glieder sind hier die scandinavische und die jütländische Halbinsel, Nordholland und die Bretagne, die hesperische Halbinsel, Italien, Istrien, die Türkei mit Griechenland und die Krimm anzusehen, wozu noch die vielen Inseln kommen, die wir hier, wie bei den übrigen Continenten, unberücksichtigt lassen, die aber das Verhältniss noch bei weitem günstiger stellen würden, wenn sie überall in Anschlag gebracht würden. So umgrenzt, beträgt der Flächeninhalt von Europa etwa 160000 Quadratmeilen, während seine Küstenlänge 4300 Meilen ist, absolut mehr als die Küstenlänge von Afrika oder Südamerika, so

dass das Verhältniss von Inhalt zu Küstenlänge sich wie 37 : 1 stellt.

Europa am nächsten kommt Nordamerika, dessen Gliederung, auch abgesehen von Grönland, welches wir hier als eine Insel betrachten, nach allen Seiten hin sehr auffallend ist. Als wesentlichste Glieder stellen sich hier dar: die Halbinseln von Labrador, Neuschottland, Florida, die Landenge von Panama, die Halbinsel Californien und Alaschka, so dass bei einem Flächenraum von 342000 Quadratmeilen Nordamerika 6100 Meilen Küstenerstreckung besitzt, was ein Verhältniss von 56 : 1 ergiebt.

§. 128. An die Betrachtung der Continente schliesst sich nothwendiger Weise diejenige der Inseln an; ihrer Form nach kann man sie als langgestreckte und rundliche, als Ketteninseln und Masseninseln unterscheiden. Gewöhnlich hängt diese Form von einem inneren Bergkerne ab, wie denn z. B. die rundllichen Inseln meist einen Vulcan als Mittelpunkt besitzen, während die langgestreckten durch eine Bergkette bezeichnet werden, die oft einen Riss der Erdrinde darstellt. Der Lage nach unterscheidet man Continental-Inseln und pelagische Inseln. Die ersteren erscheinen gewöhnlich in langgestreckter Form, nahe den Küsten der Continente und sind meistens nur die Fortsetzungen continentaler Gebirgsländer, deren Zusammenhang mit dem Continente durch eine geringe Meerestiefe verdeckt ist. In diesem Verhältnisse stehen z. B. Grossbritannien und Irland, die dänischen Inseln, Sicilien und die griechischen Inseln zu Europa, Ceylon und Hainan zu Asien, Neufoundland und Feuerland zu Amerika, Vandiemensland zu Australien. Bei weiterer Fortsetzung und öfterer Unterbrechung des Zusammenhanges gehen aus diesen Continentalinseln Inselketten hervor, welche in einer bestimmten Erstreckung von dem Festlande aus in das Meer hinein sich fortsetzen und so die Höhenpunkte der Fortsetzung einer continentalen Bergkette bezeichnen, deren Basis von dem Meere überfluthet wird. So bildet die Inselkette der Antillen die Fortsetzung der Halbinsel Florida, und ähnliche Verhältnisse sehen wir in den Aleuten und den japanischen Inseln, in der Kette der Inseln Cerigo, Kandia, Scarpanto und Rhodus, in derjenigen der Inseln Sumatra, Java, Sumbava, Flores, Timor, der Bandagruppe und Neuguinea, die alle sich als mehr oder minder ausgedehnte Spitzen unter dem Ocean versenkter Bergketten darstellen, die als die Fortsetzung entsprechender Halbinseln und Continentalspitzen erscheinen. Im Gegensatze hierzu stehen die rundlichen Masseninseln, welche bald völlig einsam aus dem Meere auftauchen, wie z. B. Island oder St. Helena, oder auch sich zu mehr oder minder unregelmässigen Gruppen vereinigen, indem sich meist keine bestimmte Direction nachweisen lässt. Es stehen diese Formen in genauerer Beziehung zu der Gliederung der Gebirge selbst, auf welche wir im Verlaufe noch näher eingehen müssen.

Die Richtung der Bergketten ist indess nicht die einzige bedingende Ursache der Gestalten, welche die Continente darbieten; es tritt hier noch ein zweites, ebenso wichtiges Moment auf, nämlich die Anordnung der Thäler. Es möchte paradox erscheinen, dass wir hier Berge und Thäler von einander trennen und als unabhängige Grössen einander gegenüber stellen. Man ist daran gewöhnt, sich keine Berge ohne Thäler, keine Thäler ohne Berge zu denken, und dennoch ist es nicht so sehr selten, diese beiden Formen von einander unabhängig zu treffen. So trifft es sich z. B. sehr oft, dass einzelne Kegelberge oder Dome sich über eine umgebende flache Ebene erheben, ohne dass in dieser Ebene Thäler eingeschnitten wären. Selbst wenn mehre solcher Kegelberge in einiger Nähe ständen, wie dies oft bei Vulcanreihen der Fall ist, so könnten darum die Zwischenräume, welche die einzelnen Kegel oder Dome von einander trennen, nicht als Thäler angesehen werden. Noch häufiger aber finden sich Thäler ohne Berge. Ueberall auf den Plateaus und den Ebenen, wo Flüsse und Ströme rinnen, sind diese in tieferen Rinnsalen ausgehöhlt, die oft ziemlich bedeutende Thäler bilden. Das ganze untere Seinebecken, die Flussgebiete der unteren Loire, der unteren Garonne, so weit sie in den Ebenen der Gascogne läuft, die sibirischen Flüsse sammt und sonders sind in diesem Falle. Nun kann man doch wahrlich nicht die weiten Ebenen der Gascogne, Sibiriens etc. für Berge ansehen, da es nur ganz flache Erstreckungen sind, in welchen die tieferen Rinnen ausgehöhlt sind. Die Hälfte von Frankreich bietet solche Thäler dar, die in Ebenen eingeschnitten sind, und wo weit und breit kein Berg zu sehen ist. Thäler und Berge erscheinen demnach sehr oft als durchaus unabhängige Elemente eines Reliefs und die Richtung des einen kann sehr oft nicht aus derjenigen der anderen erschlossen werden. §. 129.

Diese gegenseitige Unabhängigkeit lässt sich indess nicht bloss da bemerken, wo eines dieser Elemente isolirt auftritt; auch an Orten, wo beide gemeinschaftlich vorkommen, hebt sie sich öfters sehr deutlich hervor. So giebt es viele Thäler, welche die Bergketten quer durchbrechen und ihren Lauf unbekümmert um dieselben fortsetzen, und eben aus diesem Grunde erscheint es oft so falsch, die hohen Gebirgszüge zugleich als Hauptwasserscheiden zu betrachten. Die Beispiele sind ungemein häufig, wo die Bergketten durchaus keinen Einfluss auf die Bildung der Flussgebiete haben, sondern diese von kleinen Erhabenheiten abhängen und sich quer durch die höheren Gebirge durchdrängen. Der Rhein bietet eines der schönsten Beispiele dieser Art dar. In Graubündten entsprungen, folgt er einem Alpenthale bis zum Bodensee und etwas weiter. Bei Schaffhausen und Lauffenburg trifft er auf den hohen Gebirgszug des Jura, den er mitten durchbricht, um seinen Lauf nach Basel und von da weiter gen Norden fortzusetzen. Hinter Mainz trifft er auf die Ketten des Hundsrücks und des Taunus, die, geo- §. 130.

logisch betrachtet, nur einen einzigen Gebirgszug bilden, der in der Mitte durchbrochen ist, durch den Rhein. Die Schichten auf beiden Ufern entsprechen sich vollkommen, so dass an dieser Identität beider verschieden benannter Ketten kein Zweifel sein kann, und so nahe treten die Lippen des Risses gegen einander, dass man bedeutende Sprengarbeiten hat vornehmen müssen, um die Hindernisse, welche die Felsen der Schifffahrt in den Weg legten, auf die Seite zu räumen. Das Rheinthal durchsetzt mithin zwei verschiedene Bergketten, ehe es sich mit dem Meeresbecken vereinigt. In gleicher Weise durchbrechen die Maas die Ardennen, der Doubs und die Birs den Jura. In noch weit grösserem Maassstabe findet sich diese Erscheinung in Nordamerika. Alle grösseren Flüsse, die sich in den Atlantischen Ocean ergiessen, der Hudson, Delaware etc., entspringen nicht in den Alleghaniesgebirgen, sondern hinter denselben auf der Höhe eines Plateaus, das kaum einige Hügelzüge darbietet und dessen Neigung einerseits nach dem Ocean, andererseits nach den grossen Stromgebieten des Ohio und Mississippi nur sehr gering ist. Nichts desto weniger findet sich die Wasserscheide nicht in der ziemlich hohen und langgestreckten Kette der Alleghanies, von welcher sogar die Form der östlichen Küste abhängt, sondern auf dem weit niedrigeren Plateau, und die Flussthäler durchbrechen die Kette in verschiedenen Richtungen und an mehren Orten. Am auffallendsten aber gestalten sich die Localitäten in den Anden, an dem schon berührten See von Titicaca. Dieser liegt in einem Längsthale eingeschlossen zwischen zwei ungemein hohen Bergrücken, welche die höchsten Spitzen des südamerikanischen Continentes tragen. Die im See von Titicaca angesammelten Gewässer fliessen an der Stadt La Paz vorbei durch den Fluss Desaguadero in einen zweiten kleineren See, der keinen Ausfluss hat. Die hohen Gipfel der Nevada de Sorada und ihre Nebenbuhler bilden die Mauer, welche das Becken des Sees von den tiefen Ebenen der Pampas abschneiden. Der in Figur 26 gegebene Durchschnitt der Gegend nach der auf der Karte angezeigten Linie *a b* zeigt diese Verhältnisse sehr deutlich. Die Höhen sind natürlich dabei sehr übertrieben im Verhältnisse zur Basis, wodurch die hohen Gipfel des Chimborazo, Gualatieri und der Nevaden sich wie Obelisken darstellen. Aber die Wasserscheide findet sich nicht an diesen Riesen, sondern ganz in der Nähe des Sees, längs seines östlichen Ufers in einer unbedeutenden Hügelreihe, welche der Kette der Nevada parallel läuft. Von dort aus fliessen die Wasser in eine schmale Längsrinne, die man kaum Thal nennen kann, und brechen dann durch tiefe Schluchten zwischen der Nevada und den anderen Gipfeln durch nach den Pampas zu. Auch bei dem Himalaya lassen sich ähnliche Verhältnisse beobachten. Der Ganges mit seinen Zuflüssen entspringt zwar auf dem südlichen Abhange des Himalaya und fliesst durch die Ebenen ohne Aufenthalt hinab gegen das Meer; das Fluss-

gebiet des Indus aber entsteht auf den nördlichen Abhängen und sein

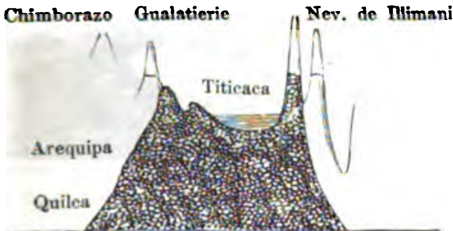
Fig. 26.



Karte der Umgegend des Sees von Titicaca.

Fig. 27.

Nevado de Sorata



Durchschnitt nach der Linie *a b*.

Thal bricht durch die Kette durch, um sich ebenfalls nach Süden zu öffnen. Man könnte die Beispiele in's Unendliche vermehren; es genügt hier, damit gezeigt zu haben, dass die Thäler oft durchaus unabhängig von den Gebirsketten sind, und dass man sehr irren würde, wenn man, wie *a priori* am rationellsten scheint, die höheren Gebirge auch zugleich als die Wasserscheide und umgekehrt annehmen wollte.

Die näheren Verhältnisse der Gebirge verdienen um so mehr unsere Beachtung, als in diesen hauptsächlich die innere Structur der festen Erdkruste sich aufschliesst, während in den Ebenen nur selten sich Gelegenheit zur Untersuchung tieferer Schichten darbietet. Wir können hinsichtlich der Gruppirung der allgemeinen Verhältnisse der Berge nach Ausdehnung und Form wesentlich folgende Arten unterscheiden. §. 131.

Erstens isolirte, einzeln stehende Berge. Es giebt solcher Erhebungen über eine allgemeine Fläche nur äusserst wenige und meist werden sie von vulcanischen Massen gebildet oder auch durch Reste von alten Plateaus, deren weitere Erstreckung ringsherum zerstört worden ist. Im ersteren Falle haben diese Berge die Gestalt eines Kegels oder einer Kuppel mit mehr oder minder regelmässigen Gehängen, wie z. B. der Aetna, der Vesuv, der Pic von Teneriffa u. s. w.; im letzteren Falle sind es gewöhnlich Hochebenen, deren steil abgewaschene Wände die Schichten gewahren lassen, deren weitere Erstreckung weggerissen ist; die Insel Helgoland bietet ein prägnantes Beispiel dieser Art an der deutschen Küste dar.

Meistens finden sich bei den Gebirgen mehre Gipfel, die durch mehr oder minder bedeutende Einschnitte von einander getrennt sind, so dass hierdurch eine gewisse Gruppirung entsteht, die zuweilen wohl rein zufällig erscheint, während sie meistens mit der Structur selbst im innigsten Verhältnisse steht. Man kann hiernach

Zweitens gruppirte Berge oder Gruppengebirge unterscheiden. Auf einer mehr oder minder erhabenen Basis finden sich dann isolirte Gipfel von Kegel- oder Kuppenform, welche in ähnlicher Weise zusammenstehen, wie Maulwurfshaufen auf einer Wiese. Die Vulcangruppe der Auvergne, von welcher wir hier einen Theil ab-

Fig. 28.



Vulcangruppe der Auvergne.
a. Puys de Dôme.

bilden und die sich über das Centralplateau von Frankreich erhebt, sowie die Vulcangruppe der nördlichen Rheingegend, welche die Hochebene der Grauwackengebilde durchbricht, liefern von diesen Gruppengebirgen eine deutliche Anschauung. Zuweilen kann man in der Anordnung dieser Gebirge gewisse Richtungslinien unterscheiden, so dass eine mehr oder minder grössere Regelmässigkeit der Gruppirung hervortritt; — gewöhnlich aber lässt sich eine solche Regelmässigkeit nur im Ganzen ihrer Existenz nachweisen, während im Einzelnen eine Menge secundärer Richtungen existiren, aus denen eine verworrene Gruppirung hervorgeht.

Drittens, Gebirgsketten, erhabene Massen, deren Gipfel auf einer gemeinschaftlichen Basis stehen, welche der Structur nach mit den Gipfeln zu einem Ganzen gehört, was bei den Gruppengebirgen nicht der Fall ist, indem dort Gipfel von verschiedener Natur auf eine heterogene Basis aufgepflanzt sind. Die Basis der Ketten wird gewöhnlich von Massen gebildet, welche eine ellipsoidische Form haben und deren Längsaxe bedeutend über die Queraxe überwiegt. Man hat nach diesem Verhältnisse auch Massengebirge unterscheiden wollen, bei welchen, wie bei den Vogesen, dem Schwarzwalde, dem Harze, den Ardennen, die Breite von der Länge nicht allzu verschieden, das Ellipsoid der Basis also nicht sehr gestreckt ist, während man mit dem Namen der Kettengebirge nur solche langgestreckte Massen bezeichnen wollte, welche sich in ihren äusseren Contouren den Alpen oder Cordilleren anreihen; — indess ist diese Unterscheidung schon um deswillen unthunlich, weil diese Verhältnisse allmälig in einander übergehen und die meisten lang gestreckten Ketten est aus einer Vereinigung verschiedener kleinerer solcher Massengebirge hervorgehen, die mehr oder minder in Längslinien sich an einander reihen. So bietet die Kette der Alpen etwa ein Dutzend ellipsoidischer Kerne dar, welche sich so an einander gereiht haben, dass sie eine hakenförmige Linie bilden. Die Mannigfaltigkeit in den Kettengebirgen wird besonders durch diese Zusammenstellungen einzelner Kerne, durch die Verbindung von Ketten und Gruppen, von mehren Ketten, sowie durch die Ausstrahlungen derselben sehr bedeutend.

Die Inseln können im Allgemeinen besser zum Studium der einzelnen Gruppirungen der Berge dienen, als die Gipfel des Festlandes. §. 132.
Bei diesen ist man oft im Zweifel, wo man den Anfang ihres Fusses, das Ende ihrer Basis setzen wolle; während bei den Inseln die Natur ein allgemeines Niveau dargestellt hat, über welches sich die Gipfel erheben und das als sicherer Anhaltspunkt dienen kann. So erscheinen die kleinen Antillen, die Sandwichinseln und viele andere Inselgruppen des Stillen Meeres als regelmässige oder unregelmässige Gruppen, während einige isolirte Inseln mitten im Meere, wie St. Helena z. B., das Bild durchaus vereinzelter Berge ausgeben. Andere Inseln, wie die Sunda-Inseln, die grossen Antillen, Kandia und viele andere, stellen mehr oder minder lange Ketten oder auch Längsreihen isolirter Berge dar.

Die Kenntniss der Ausdehnung der einzelnen Ketten ist §. 133.
von nicht geringer Wichtigkeit für den Geologen, Alexander v. Humboldt hat nach den besten Quellen folgende Längenmaasse für einige der hauptsächlichsten Gebirgsketten des Erdkörpers gegeben:

Die scandinavischen Gebirge	1780	Kilometer.
Die Alpen vom Montblanc bis an die ungarische Grenze	830	"
Die Pyrenäen	377	"
Der Altai	1600	"
Der Tiang-schang im Inneren Chinas .	2710—3470	"
Der Kuenlun	1940	"
Der Himalaya	2560	"
Die Ghates	1220	"
Der Sablonoi-Chrebet	890	"
Der Aldan	670	"
Der Ural	890—3290	"
Die Anden von dem Feuerlande bis zur Landenge von Panama	7150	"

Die Bestimmung der Länge der Anden hat einige Schwierigkeiten, da man nicht weiss, wo man ihr nördliches Ende setzen soll. Begreift man ihre nördliche Fortsetzung, die Rocky mountains, mit dabei, wie dies geschehen muss aus geologischen Gründen, so wird eine ungeheure Länge der Kette herausgebracht, indem sie sich fast in gerader Linie von dem Feuerlande bis zur Behringsstrasse hinzieht. Allein auch die Länge der einen Hälfte ist schon bedeutender als die sämmtlicher anderen Gebirge, und die europäischen Gebirge namentlich verschwinden fast gegen solche Riesenerstreckungen. Und dennoch sind es diese kleinen europäischen Gebirge, auf denen unsere ganze Wissenschaft beruht, in denen wir unablässig neue Thatsachen, neue Erscheinungen entdecken!

§. 134. Die **Richtung der Bergketten** hat den Geographen von jeher viel zu schaffen gemacht, um so mehr, als sie nicht stets dieselbe bleibt, sondern öfter wechselt und manchmal in sehr bedeutenden Winkeln abspringt. Im Grossen betrachtet, bieten freilich viele Ketten mehr oder weniger gerade Linien dar; allein zu einer solchen Betrachtung schon muss man der Natur bei den meisten viel Zwang anthun und bei vielen gelingt es gar nicht. Um sich aus solchen Labyrinthen zu helfen, kann nie die einfache Betrachtung des Reliefs genügen, während die Geologie sogleich durch die Anatomie der Ketten genügende Aufschlüsse ertheilen kann. Man muss die Ketten zu zerlegen wissen; man muss die einzelnen Glieder, aus welchen sie zusammengesetzt sind, zu unterscheiden wissen, und dann wird man auch eine Einsicht in diese verwickelten Formen erhalten. Es giebt wohl keine Bergkette in der Welt, die aus einem einzigen Gliede nur bestände; alle sind aus mehren Theilen zusammengesetzt, die in sich wieder besondere Eigenthümlichkeiten der Structur zeigen, welche nur dem einzelnen Kettengliede, nicht der Kette im Ganzen angehören. Oft liegen diese Einheiten, aus

welchen die Summe der Kette zusammengesetzt ist, in Reihen hinter oder neben einander; oft aber auch wiederholen sie sich in mehren Reihen und werfen sich äusserst unregelmässig zusammen, so dass man Mühe hat, sie zu erkennen. Die Kettenglieder selbst bilden gewöhnlich elliptische, mehr oder minder langgezogene Gestalten, deren Hauptaxe meist leicht zu erkennen ist, und die Regelmässigkeit der grossen Gesammtaxe der Kette, ihre mehr oder minder gerade Richtung, hängt oft von dem mehr oder minder grossen Parallelismus der kleinen Axen der verschiedenen Kettenglieder ab. Wenn in dem Verlaufe dieses Werkes von der Structur einer Kette die Rede sein wird, so bezieht sich dies nur auf ein bestimmtes Kettenglied, da, wie schon bemerkt, diese Kettenglieder durch verschiedene Structur oft ebenso gut, als durch abweichende Richtungsaxen sich erkennen lassen. Ein Beispiel mag dies erläutern. Die Kette der Pyrenäen erscheint im Grossen als eine gewaltige Quermauer, welche in gerader Linie Frankreich von Spanien trennt. Bei näherer Betrachtung aber sieht man, dass sie in der Mitte einen stumpfen Winkel bildet, in welchem das Thal von Arran mit der Quelle der Garonne liegt. Untersucht man nun die Kette näher, so zeigt sie sich in der That aus zwei verschiedenen Gliedern zusammengesetzt, die nicht ganz dieselbe Structur haben, deren Richtung zwar fast dieselbe ist, die aber doch etwas schief gestellt sind und deren gegen einander gerichtete Spitzen sogar übereinander greifen, so dass in dem Zwischenraume zwischen beiden gerade das genannte Thal Raum findet. Die Pyrenäen bilden eine der einfachsten Ketten; in den Alpen, dem Himalaya, den Anden finden sich eine Menge solcher einzelner unabhängiger Kettenglieder in den mannigfaltigsten Stellungen zu einander, wodurch das Studium dieser Ketten sehr verwickelt wird.

Die Bergketten hängen, wie schon bemerkt, durch eine gemein- § 135.
schaftliche Basis mit einander zusammen, über welcher sich dann die höheren Zinnen und Gipfel erheben. Alexander v. Humboldt hat schon seit längerer Zeit darauf aufmerksam gemacht, dass das Verhältniss zwischen der Höhe dieser Basis und der absoluten Höhe der Gipfel nicht bei allen Ketten dasselbe ist, wenn es auch gleich nicht in sehr bedeutenden Grenzen schwankt. Die Höhe der Basis wird am besten bestimmt durch die Höhe der Pässe, welche von einem Abhange der Kette auf die andere Seite führen und die von allgemeiner Wichtigkeit erscheinen, da sie zugleich als politische und Handelsstrassen benutzt werden. Das Verhältniss dieser Pass-Höhen hat im Allgemeinen etwas Bestimmtes, Gesetzmässiges, und man kann vielleicht schon daraus einen Schluss auf die Structur der Gebirge stellen. Im Allgemeinen erscheinen die Einrisse und Vertiefungen, welche als Pässe benutzt werden, um so tiefer und die Gipfel um so höher, je complicirter und verwickelter die Structur der Kette an sich ist, und wenn wir fin-

den, dass die Gipfel nur wenig eingeschnittene Erhabenheiten darbieten, so können wir sicher sein, dass die Structur weit einfacher ist, als in einer Kette, wo himmelhohe Zacken über tief eingeschnittenen Thalrissen sich erheben. Humboldt hat gefunden, dass in den Pyrenäen die absolute Höhe der Pässe zu der absoluten Höhe der Kette sich wie 1 zu $1^1/_2$ verhält, dass in den Anden und dem Himalaya dies Verhältniss wie 1 zu $1^8/_{10}$ etwa erscheint und dass in den Alpen es 1 zu 2 beträgt, mithin in dieser Kette auf die grösste Complication der Structur hindeutet.

§. 136. Von grosser Wichtigkeit für die allgemeine Betrachtung der Ketten sind die Axen derselben, welche man je nach verschiedenen Grundsätzen bestimmen kann. Alexander v. Humboldt unterscheidet in einer Kette fünf verschiedene Axenlinien, welche zuweilen zusammenfallen, oft aber auch durchaus getrennt von einander sind und selbst mehr oder weniger in ihrem Parallelismus abweichen können.

1. Die Längenaxe der ganzen Kette. Diese Linie ist eine rein ideale; sie würde gegeben sein, wenn man die ganze Kette zertrümmerte und nun die Materialien in Form eines liegenden Prismas auf der Grundfläche anhäufte. Die Kante des Prismas würde zugleich die Längenaxe der Kette sein und man könnte deshalb diese Axe auch die ideale Elevationsaxe einer Kette nennen.

2. Die Axe der Gipfel, worunter man eine Linie versteht, welche die einzelnen Gipfel mit einander verbindet. Es möchte wohl kaum ein Fall auf der Erde vorkommen, wo diese Axe mit der idealen Längenaxe zusammenträfe. Die Gipfel stehen nämlich selten auf der Mitte der Ketten, sondern meist dem einen oder anderen Abhange näher, so dass mithin die sie verbindende Linie entweder rechts oder links von der idealen Längenaxe sich hinzieht. Ja es begegnet nicht selten, dass diese beiden Axen sich kreuzen. Bei der Zusammensetzung der meisten Ketten aus verschiedenen isolirten Gliedern, deren jedes seine eigene Structur und seine eigene Axe hat, begegnet es oft, dass die einen dieser Glieder die Gipfel in der Nähe des rechten, die anderen in der Nähe des linken Abhanges haben, oder gar dass die einzelnen Gipfel in Zickzacklinien stehen, aus deren Verbindung und Vereinigung erst eine Mittellinie entsteht, die oft sehr bedeutend von der idealen Axe abweicht.

3. Die Axe der Wasserscheide, die meist, wenn auch nicht immer, diejenige der Sättel und Pässe ist. In gewöhnlichen Ketten fallen diese beide Linien zusammen; dann aber nicht, wenn ein Flussthal eine Kette quer durchbricht und die Wasserscheide sich hinter der Kette befindet, wie dies nach den oben angeführten Beispielen zuweilen der Fall ist. Meist sind die Hochgipfel durch niedrigere Sättel verbunden, welche die Wasserscheide bilden und zugleich als Pässe dienen, und in gewöhnlichen Fällen, wenn diese Zwischensättel so ziemlich geradlinig sind,

fällt die Wasserscheide, auf eine gerade Linie reducirt, mit derjenigen der Gipfel zusammen. Sehr oft aber weicht sie davon ab, indem die Thäler sich weiter nach hinten erstrecken, die Zwischenpartien bergige und eckige Linien bieten und die Gipfel weiter nach vorn oder nach der Seite stehen. Auf den Karten stellt man meist die Linie der Wasserscheide als die höchste dar, von welcher nach beiden Seiten die Gehänge abfallen; allein in sehr vielen Fällen ist dies durchaus falsch, und die tiefen Runsen, welche die Basis der Kette zuweilen durchbrechen und das Wasser aus hinteren Gegenden hervorleiten, verlieren auf solchen Karten ihre Bedeutung, zumal wenn, wie es oft geschieht, der eine Abhang weit ausgedehnter ist als der andere.

4. Eine vierte Linie wird gegeben durch die Combination der Verbindungslinien, welche die grossen mineralischen Hauptmassen in der Kette darbieten. Meistens bestehen die Ketten aus einem grossen Centralkerne, der sich am häufigsten in Gestalt einer lang ausgezogenen Ellipse darstellt, und um welchen herum dann die äusseren Glieder wie Schuppen sich anlehnen. Die Linien, welche durch diese verschiedenen Anlehnungspunkte der unter sich verschiedenen mineralischen Massen gegeben sind, können auf eine mittlere Linie reducirt werden, die ebenfalls sehr oft, je nach der Zusammensetzung der betreffenden Kette, von den übrigen schon angegebenen Axen abweicht.

5. Die Linien, welche den Schichtungsebenen folgen, können ebenfalls auf eine Schichtungsaxe reducirt werden, deren Bestimmung aber meist sehr schwierig ist. Im Grossen betrachtet, zeigen sich freilich die geschichteten Massen, welche an den meist ungeschichteten Centralkern der Kette sich anlehnen, wie Blätter eines Buches. Allein diese Blätter sind nicht nur einfach angelehnt, sie sind oft in allen Richtungen gebogen, eingeknickt, zerrissen, und dann werden oft die Schichtungsebenen so verwirrt und unregelmässig, dass es schwer hält, sie auf eine gewisse Ebene und eine einzige Linie zurückzuführen.

Im Allgemeinen kann man sich die Gebirgsketten als liegende Prismen vorstellen, die indessen fast niemals einfach sind, sondern nach verschiedenen Richtungen hin Ausläufer senden. Diese seitlichen Ausläufer haben wieder für die ganze Gestaltung der Kette eine besondere Bedeutung und sind durch Thäler von einander getrennt, welche oft tief in das Innere der Ketten sich fortsetzen. Hiernach unterscheidet man dann wieder verschiedene Arten der Gliederung der Gebirge und es hängt diese Gliederung meistens auf das genaueste mit der inneren Structur der Ketten zusammen. Als häufigste Anordnung kommt die Quergliederung vor. Die Kette sendet dann Ausläufer, deren Axe meistens im rechten Winkel auf der Hauptaxe der Kette steht, und demnach durch Thäler von einander getrennt sind, welche man in Beziehung auf die Gesammtaxe der Kette als Querthäler bezeichnen kann. Bei denjenigen Ketten, welche aus einzelnen Kernen bestehen, §. 137.

die in mehr oder minder gleichförmigem Zuge an einander gereiht sind, laufen dann diese queren Glieder gewöhnlich in der Weise an den Kernen zusammen, dass die Thäler, welche anfangs quer aufgesetzt sind, im Inneren der Kette einen gebogenen Verlauf nehmen und sich um die Kerne herumschlingen. Bei den meisten längeren Gebirgsketten ist dieser Verlauf der Glieder ein gewöhnlicher, und man kann ihn z. B. bei den Centralalpen an jedem einzelnen Thale fast nachweisen.

Bei anderen Gebirgszügen herrscht die parallele Gliederung vor. Der Zug der Gebirgszone besteht dann aus mehren neben einander hinlaufenden Rücken, die gewissermaassen wie lange, über das allgemeine Relief der Erde sich hinziehende Wellenzüge aussehen, und die durch parallele Einbiegungsthäler getrennt sind, aus denen oft nur durch Querrisse ein Abfluss für die Gewässer möglich ist. Formen dieser Art sind hauptsächlich in den jurassischen Gebirgsketten ausgebildet und scheinen weniger Resultate einer Erhebung von unten, als vielmehr eines Seitendruckes zu sein, vermöge dessen die starre Erdkruste wellenförmig wie die Blätter eines Buches hin und her gebogen wurde. Ein vollkommener Parallelismus lässt sich indessen schwierig bei diesen Ketten nachweisen, und gewöhnlich laufen die einzelnen Glieder unter sehr spitzen Winkeln nach gewissen Punkten zusammen, an welchen die Aufreissung der Erdkruste bedeutender ist. So scheint zwar die wesentliche Form des schweizerischen Juras einem solchen Seitendrucke verdankt werden zu müssen, der, von den Alpen ausgehend, die jurassischen Schichten gegen die schon emporgehobenen Mauern der Vogesen und des Schwarzwaldes antrieb und so wellenförmige Biegungen veranlasste; — allein nichts desto weniger kann man auch nachweisen, dass die parallelen Ketten des schweizerischen Jura unter spitzem Winkel gegen die Hochebene von Baselland zusammenstossen, wo die tieferen Schichten des Jura zu Tage kommen, während an den Ausläufern der Ketten gegen Süden und Norden hin nur die höheren Ablagerungen sich an der Oberfläche zeigen. Aehnliche Verhältnisse zeigen sich an den Cevennen im südlichen Frankreich, welche ebenfalls ihrer Natur nach jurassische Ablagerungen sind. Eine besondere Abweichung der Parallelstructur zeigt sich dann noch bei einigen Ketten, wo die einzelnen Glieder von Zeit zu Zeit in Knoten zusammengehen, dann wieder auseinanderweichen und fast parallel neben einander herlaufen, wobei sie sehr hoch gelegene Plateaus zwischen sich fassen. Dies ist der Fall bei den Cordilleren Südamerikas, welche auf diese Weise mehrmals auseinanderweichen, die Hochebenen von Quito, Titicaca und Bolivia zwischen sich fassen und an den Knotenpunkten sich zu Gipfeln von bedeutender Höhe aufschwingen. Im Allgemeinen kann man als Gesetz aufstellen, dass an solchen Knotenpunkten, wo entweder verschiedene Gebirgsglieder zusammentreffen oder sich die Axenrichtung der Kette überhaupt ändert, stets die höchsten Gipfel sich finden.

Eine dritte Art der Gliederung kann man als die strahlende Gliederung bezeichnen. Die Glieder und mit ihnen die Thäler laufen dabei von einem Punkte strahlenförmig nach allen Richtungen aus. Es findet sich diese Disposition hauptsächlich bei einzelstehenden Massengebirgen, besonders vulcanischen Ursprunges, wie z. B. beim Cantal und Mont-Dore, oder an dem Ende langgestreckter Ketten, wie an den südlichen Enden der Meeralpen, des Ural und der Cordilleren.

Mit dieser Configuration und Gliederung der Gebirge stehen in §. 138.
nächster Beziehung die Thäler, welche die einzelnen Gebirgsjoche von einander trennen und die man im Allgemeinen als Thäler erster Ordnung oder Querthäler, und als Thäler zweiter Ordnung oder Längsthäler unterscheidet. Wir haben schon oben darauf aufmerksam gemacht, dass die Thäler in vieler Beziehung unabhängig von den Gebirgen sind, und zwar namentlich dann, wenn sie über weite Ebenen sich hinziehen; in den Gebirgen selbst aber sind die Thäler stets in der grössten Abhängigkeit von der Structur der Gebirge selbst. Die Querthäler sind meistens durch Risse der Schichten bedingt, so dass man bei ihrer Verfolgung von aussen nach innen die Aufeinanderlagerung der Schichten meistens beobachten kann; die Längsthäler dagegen hängen gewöhnlich mit dem Wechsel in der Natur der Schichten zusammen, wenn sie nicht, wie schon oben bemerkt wurde, blosse Wellenbiegungen derselben darstellen. Im Allgemeinen bezeichnet man mit dem Namen der Thalsohle diejenige tiefste Linie, in welcher die Thalufer von beiden Seiten zusammentreffen, und mit dem Namen der Gehänge die Wände zu beiden Seiten. Sehr häufig entsprechen sich diese letzteren in solcher Weise, dass einem vorspringenden Sporn auf der einen Seite eine Ausweitung des anderen Gehänges entgegensteht, so dass ein Parallelismus hergestellt wird, selbst in dem Falle, wo die Thalsohle einen sehr winkligen, oder hin und hergekrümmten Verlauf zeigt. Man kann aber diesen Parallelismus der Thalwände ebenso wenig zu einem allgemeinen Gesetze erheben, als die in anderen Ketten vorkommende Conformation, wo das Thal aus einer Reihe von mehr oder minder bedeutenden Erweiterungen besteht, welche häufig Seebecken werden und durch steile, rissartige Thäler, sogenannte Tobel, mit einander verbunden sind. Sehr häufig beginnen die Thäler mit einem solchen grossartigen Circus oder Kesselthale, von dem aus dann die Thalschlucht sich weiter fortsetzt. In den Pyrenäen fangen fast alle Thäler mit solchen runden Amphitheatern an, die von senkrechten, oft mehre tausend Fuss tiefen abgerissenen Felswänden umgeben sind und in der Sprache der Gebirgsbewohner Oules genannt werden, was so viel als Kessel bedeutet. Die Oule von Gavarni zeigt ringsum steile Felswände von etwa 700 Meter Höhe. Aehnliche Thäler finden sich in Menge in den Alpen und in dem scandinavischen Gebirge; der Kessel von Leuk mit den etwa 1500 Meter hohen Felswänden der

Gemmi, die an einzelnen Stellen so steil sind, dass man mit Leitern an ihnen hinaufklimmen muss, das Anzaskathal am Fusse des Monte Rosa, das Thal der Dwiya auf Dovrefield, das Sundthal in Nordfiord bieten Beispiele solcher steilen Kesselthäler dar.

§. 139. Die Längsthäler der Bergketten ziehen sich meist mehr oder weniger parallel längs der Mittellinie der Kette hin und bezeichnen im Allgemeinen wichtige Wechsel in der Schichtenfolge. Oft erscheinen sie nur als einfache Einbiegungen und Knickungen der Schichten, veranlasst durch parallele Hebungsrichtungen, wie dies namentlich im Jura öfter der Fall ist; in den meisten Fällen aber stellen sie sich als förmliche Risse auf dem Durchschnitte dar, wo dann die Lippen der durchrissenen Schichten die meist steilen Gehänge der Thäler auf beiden Seiten bilden und die tieferen Schichten den Thalgrund formiren. Auch bei den Querthälern kann es vorkommen, dass sie nur einfache Einknickungen sind, wie manche Längsthäler; indess ist dieser Fall weit seltener. Oft kommt es vor, dass Längsthäler an irgend einer Stelle mit Querthälern in Verbindung stehen, so dass das Ganze die Form eines T oder eines Winkels besitzt; zuweilen auch sind sie vollständig abgeschlossen und bilden dann Seen oder Moräste, deren Gewässer manchmal durch unterirdische Risse und Canäle ihren Abfluss finden.

§. 140. Im Allgemeinen möchte es vielleicht zweckmässig sein, die einzelnen Arten der Thäler mehr nach ihrem Ursprunge zu classificiren, obgleich auch hier nothwendig der Uebelstand eintritt, dass man theoretische Ansichten mehr oder minder in die Nomenclatur einführen muss. So würde man die Längs- und Querthäler der Bergketten, ganz abgesehen davon, ob sie nur Einknickungen oder wirkliche Risse darstellen, als Erhebungsthäler bezeichnen, da sie derjenigen Kraft, welche die Ketten der Berge selbst erhob, ihre Entstehung verdanken, und man würde dazu noch diejenigen kesselförmigen Thäler rechnen, welche offenbar einer gleichen Ursache ihre Entstehung verdanken, wenn auch ihre Form sie weder als Längs- noch als Querthäler einzelner Ketten ansehen liesse. Beispiele solcher Erhebungsthäler in Kesselform sind nicht selten; sie bieten einen ausgehöhlten Grund, in dessen Umgebung sich überall steile Berggehänge erheben, an denen die Köpfe der zerrissenen Schichten sichtbar sind. Die Schichten fallen nach allen Seiten hin ab, wie an einer Bergkette, deren Kern von einem eruptiven Gesteine gebildet ist; nur herrscht hier der Unterschied, dass der hebende Kern nicht zum Vorschein gekommen, sondern in der Tiefe geblieben ist. Das Thal von Pyrmont bildet ein schlagendes Beispiel dieser Art. Der Thalgrund wird von senkrecht gestellten, zerbröckelten Schichten bunten Sandsteines gebildet, dessen äussere Schichten steil nach aussen abfallen, die Gehänge des Thales bildet der weniger steil abfallende Muschelkalk und die obersten Spitzen und Schichten

der beiden höchsten Punkte des Bomberges (1136 Fuss) und Mühlberges (1107 Fuss) werden von Keuper gebildet.

Fig. 29.



Fig. 29. Durchschnitt des Thales von Pyrmont. *a* bunter Sandstein, im Thalgrunde, wo die Quellen hervorbrechen, zerbröckelt. *b* Muschelkalk. *c* Keuper.

Wohl zu unterscheiden von diesen Thälern sind diejenigen, welche in ebenen Gegenden verlaufen, meist das Resultat zerstörender Einflüsse, namentlich des Wassers, sind und die man mit dem Namen der Erosionsthäler bezeichnen kann. Viele solcher Thäler sind nur Rinnen, ausgespült durch das Wasser, das in ihnen jetzt noch strömt oder früher strömte; andere sind mehr oder weniger breite Zwischenräume zwischen verschiedenen Bergketten, deren Grund zuweilen erst durch die Anschwemmungen der Gewässer geebnet wurde. So ist das weite Rheinthal von Basel bis Mainz nur der Zwischenraum zwischen den beiden Erhebungslinien des Schwarzwaldes und der Vogesen, dessen Grund durch alte und neue Anschwemmungen ausgefüllt und dann aufs Neue theilweise vom Rhein ausgespült wurde. Wir werden auf diese Thäler der ebenen Gegenden an einem anderen Orte zurückkommen; es genügt hier, sie angeführt zu haben. §. 141.

Ueberhaupt variiren hier die Verhältnisse der Thäler zu den Ketten, sowie der integrirenden Theile der Ketten unter sich auf das mannigfachste. Sehr oft erscheinen die Thäler nur als einfache Risse, die mehr oder minder tief in das Innere eindringen und an deren Wänden die Schichten so sehr in regelmässiger Folge über einander liegen und einander entsprechen, dass man in Gedanken den leeren Raum leicht mit den fehlenden Schichtenstücken ausfüllen kann. Die Thäler zeigen in solchen Fällen meist Terrassen, die den einzelnen Schichten entsprechen, und diese Terrassen entsprechen einander auf beiden Seiten vollkommen. Dieser eigenthümliche Charakter der Thäler als Risse zeigt sich namentlich oft sehr deutlich an einzelstehenden Kegelbergen, an deren Seiten divergirende Längsschründe herablaufen, die alle gegen den Gipfel des Kegels hin gerichtet sind. Die in solchen Fällen zwischen den Thälern stehen bleibenden Stücke des Berges zeigen dann die Form von mehr oder minder regelmässigen Pyramiden, deren Spitzen schief nach innen gerichtet sind, und deren äusserer Abfall meist sehr sanft ist. Oft existirt bei solchen Kegelbergen die mittlere Spitze, wie in der Fig. 30 (s. f. S.), die einen Plan, und Fig. 31 einen Durchschnitt eines solchen Kegelberges darstellt; oft aber auch fehlt diese mittlere §. 142.

Spitze ganz und ist durch einen tiefen Kessel, ja zuweilen selbst durch ein mit Wasser erfülltes Becken ersetzt, wo dann Formen, wie die in Fig. 32 und 33 im Plan und Durchschnitte dargestellten entstehen. Die dem inneren Kreisbecken zugewandten Wände sind alsdann ausserordentlich steil, fast senkrecht, und bilden einen auffallenden Contrast gegen die weit sanfter ansteigenden äusseren Gehänge des Kegels.

Fig. 30.

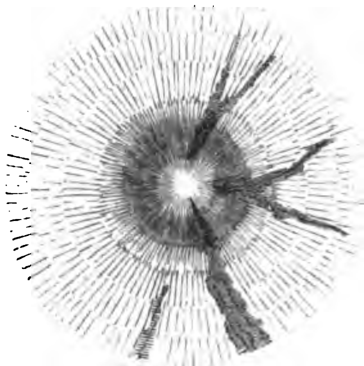


Fig. 32.

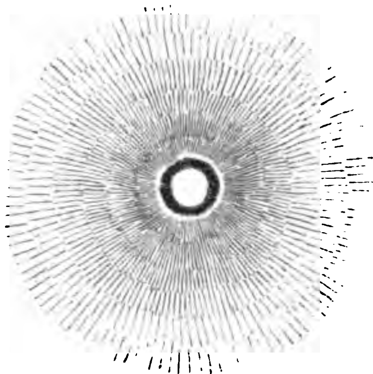
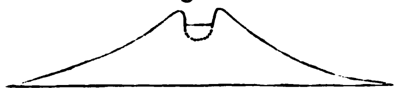


Fig. 31.



Fig. 33.



§. 143. Aehnliche Fälle können begreiflicher Weise aber auch eintreten, wenn der mittlere Kern eine Ellipse oder ein langgezogenes Oval vorstellt. Namentlich aber bei Ketten, welche einen Centralkern von anderer Structur besitzen, als die angelehnten äusseren Massen, treten die auffallendsten Modificationen auf. Der natürlichste und einfachste Fall ist natürlich der, wo der mittlere Centralkern zugleich die Höhenlinie darstellt und wo die angelehnten Massen durch Längsthäler zwar davon verschieden sind und zwei seitliche erhabene Linien bilden, welche aber an Höhe die Mittellinie des Centralkernes nicht erreichen. Der Durchschnitt einer solchen Kette ist in Fig. 34 dargestellt. Zuweilen aber erhebt sich der Centralkern nicht, sondern bleibt in der Tiefe, entweder ganz unsichtbar oder nur als kleine unscheinbare Kuppe, Fig. 35, und dann bieten die angelehnten Massen zwei seitliche Zinnen dar, die aber nur selten von gleicher Höhe sind und in der Mitte durch ein tiefes Thal getrennt werden. In anderen Fällen überwiegt die eine Lippe bedeutend, Fig. 36. Die Höhenzinne ist dann ganz auf die eine Seite der Kette übertragen, die andere Lippe der angelehnten Gesteine sinkt zurück, ebenso der Centralkern, und wenn nun gar diese Theile, wie in Fig. 37, unter Wasser oder unter Alluvion verdeckt werden,

so zeigt sich nur die eine Lippe, und die ganze Kette scheint nur aus dieser zu bestehen, während in Wahrheit die entsprechenden Theile nur verdeckt sind.

Fig. 34.

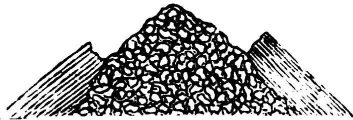


Fig. 35.



Fig. 36.

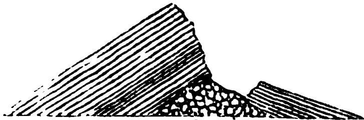
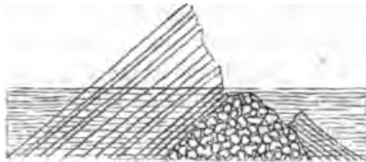


Fig. 37.



Auf diese Weise können oft Ketten, die aus vielen einzelnen Elementen bestehen, in durchaus rudimentären Zustand versetzt werden, und erst das Studium ihrer inneren Structur kann dann nöthigen Aufschluss ertheilen.

Schon früher wurde bemerkt, dass die Gehänge einer Kette selten nur auf beiden Seiten gleich seien, sondern dass meist auf der einen dieselben weit steiler und tiefer wären, als auf der anderen. Diese Thatsache gilt fast für die meisten Bergketten, und wenn der Fall eintritt, so ist er meist noch mit einer anderen Bildung vergesellschaftet, welche das Verhältniss noch auffallender macht. Die Gipfel finden sich dann nämlich meist näher an der steilen, abgerissenen Seite, als an derjenigen, welche allmälig abfallend in ein Hochplateau übergeht. Der Anblick solcher Ketten von der steilen Seite her ist dann ungemein überraschend und imposant, weil sie die ganze Höhe ihrer Wände dem Auge zuwenden, während von der anderen Seite her, wo man schon sehr entfernt stehen, oder aber sie von dem erhöhten Standpunkte des Plateaus aus betrachten muss, sie weit weniger imposant und oft sogar nur unbedeutend erscheinen. Beispiele solcher Bildung fehlen nicht; so sind die Vogesen weit steiler auf der dem Rheine zugekehrten Seite, und ihre Hochgipfel stehen der Rheinebene ganz nahe; die scandinavischen Alpen sind weit steiler gegen Norwegen und das Meer hin, als gegen Schweden; die Alpen steiler auf der italienischen Seite u. s. w. Viele Gebirge aber begnügen sich nicht mit einer einzigen Höhenzinne; sie haben deren zwei oder noch mehr; so muss man, um von der westlichen Schweiz durch das Wallis nach Italien zu gelangen, zwei gewaltige Kämme übersteigen, nämlich die Kette der Berner Alpen und diejenige des Monte Rosa, ehe man in die Ebenen der Lombardei anlangt; so zeigen die Anden bei Quito zwar nur eine §. 144.

breite Hauptmauer, auf der aber in zwei Parallelreihen die Gipfel aufgepflanzt sind, zwischen denen ein vertieftes Thal, das Plateau von Quito, sich hinzieht. Alle diese verschiedenen Formen hängen meist von der inneren Structur der Ketten ab und können erst dann in ihrer Gesetzmässigkeit aufgefasst werden, wenn diese letztere bekannt ist.

§. 145. Fast in allen Bergketten finden sich die eben bezeichneten Verhältnisse auf das mannigfachste unter einander vor, und an der einen Stelle ist bald dieser, an der anderen jener Theil stärker entwickelt und hervorgehoben, wodurch eben den einzelnen Localitäten ihr eigenthümlicher Charakter bewahrt wird. In den meisten Ketten hängt aber auch diese Mannigfaltigkeit von dem Vorhandensein eines ungeschichteten Centralkernes ab, um welchen sich die einzelnen geschichteten Gesteine in ihrer Aufeinanderlagerung gruppiren. Meistens bleiben auch diese geschichteten Gesteine nicht in so einfachen Verhältnissen; oft sind sie so sehr unter einander geworfen, gedreht und gebogen, dass es sehr schwer hält, den Centralkern und die ursprüngliche Axe seiner Ellipse zu erkennen. Die Schichten liegen oft fast horizontal, aber dies nur in Ebenen; in den Gebirgen sind sie mehr oder weniger emporgehoben, zuweilen selbst so bedeutend, dass sie vertical aufgerichtet und in einzelnen Fällen sogar überstürzt sind, so dass die ursprünglich unteren Schichten auf den oberen zu liegen scheinen. Die verschiedenen Unebenheiten des Terrains, welche aus diesen mannigfachen Verhältnissen hervorgehen, sind äusserst complicirt in einzelnen Fällen; im Allgemeinen indess kann man die Thalrisse, wo die Schichten wirklich in ihrer Continuität getrennt und dadurch Thäler hervorgebracht worden sind, von den Einbiegungsthälern unterscheiden, in welchen natürlich der Zusammenhang der einzelnen Schichten nicht getrennt, sondern nur durch die zellenförmigen Faltungen derselben Thäler entstanden sind, die aber meist weit sanfter sind und weit geringeren Abfall zeigen an ihren Wänden, als die Thalrisse.

Fig. 38.



a Zerreissungsthäler. *b* Einbiegungsthäler.

§. 146. Es ist aus diesen hier angeführten Beispielen leicht ersichtlich, in welchem engen Verhältniss die Stratigraphie oder die Anatomie der Gebirgsmassen zu ihrer äusseren Form steht. Ohne die Kenntniss der einzelnen Schichten, ohne die Kenntniss der Zusammensetzung der Gebirgsketten aus ihren einzelnen Gliedern ist es rein unmöglich, ein genaues Bild der einzelnen Formen des Reliefs unserer Erdrinde sich zu

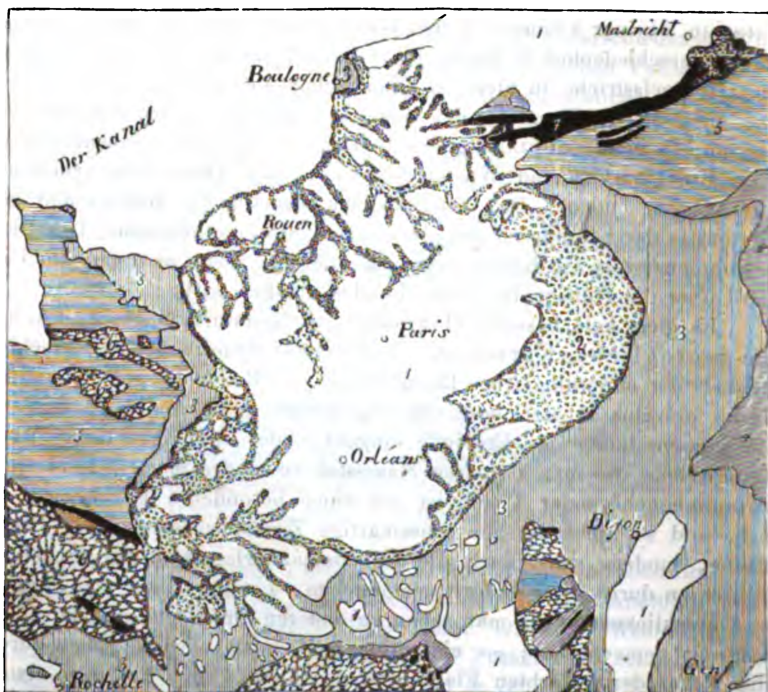
verschaffen, und diese Kenntniss eben ist es, welche die Geologie sich zum Ziele gesetzt hat.

Betrachtet man die Erdrinde im Grossen, so wie sie in der Fläche sowohl als auch in tieferen Rissen sich darstellt, so zeigt sich eine Uebereinanderlagerung von einzelnen Stücken, die oft eine bedeutend grosse Ausdehnung haben und die wie eine Mosaik in einander gefügt sind. Man gewahrt bald, dass eine wesentliche Verschiedenheit in Structur und Zusammensetzung dieser Stücke herrscht, und dass diese mit gewissen Eigenthümlichkeiten des Bodens, ja mit der ganzen Beschaffenheit eines Landstriches oft auf das innigste zusammenhängen. Es sind hier nicht allein die Reichthümer, welche der Boden an sich schon in seinen mineralogischen Bestandtheilen darbietet, in Betracht zu ziehen; es versteht sich von selbst, dass Steinkohlen, Metalle, Edelsteine, ja selbst gute Bausteine, nicht zusammen an allen Stellen in derselben Menge vorkommen, sondern dass vielmehr an dem einen Orte diese, an dem anderen jene specielle mineralogische Nutzsubstanz sich finde; sondern es hängen damit auch äussere Erscheinungen der mannigfaltigsten Art zusammen. Die eine Gegend prangt mit der üppigsten Vegetation, die Felder sind fruchtbar, überall sprudeln Quellen und Bäche, während zur Seite ein dürres Land fast ohne Vegetation, das nur kümmerlich den Bauer nährt, sich ausdehnt. Woher diese Verschiedenheit in Gegenden, die neben einander unter demselben Himmelsstriche in gleichen klimatischen Verhältnissen sich finden? Die geologische Kenntniss der Gegend wird sogleich den Schlüssel zu diesem scheinbaren Räthsel geben und nachweisen, aus welchem Grunde hier Fruchtbarkeit und Wasserreichthum, dort Dürre und ärmlicher Ertrag sich finden. Das Studium der Structur des Bodens und die Kenntniss der besonderen Schichtentheile, die eine bestimmte Localität zusammensetzen, ist demnach durchaus nöthig, wenn man sich ein Urtheil über die Hülfsquellen eines Landes schaffen will.

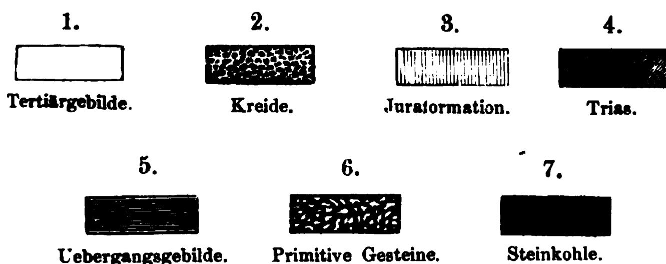
Es giebt kein besseres Hülfsmittel zur Kenntniss eines Landes, als §. 147.
die geologischen Karten, wo durch verschiedene Farben die Verschiedenheit der mineralogischen Bestandtheile des Bodens angegeben wird. Jedes einzelne in sich bestimmt abgegrenzte Schichtenstück, das zur Zusammensetzung der Erdrinde eingeht, oder bei Karten grösserer Landstriche, wo man kleineren Maassstab anwenden muss, jede Gruppe zusammengehörender Theile ist mit einer besonderen Farbe bezeichnet, und so nicht nur die mosaikartige Zusammensetzung der Oberfläche, sondern meist auch die Nebeneinanderlagerung der einzelnen Schichten durch diese Colorirung gegeben. Letztere kann man freilich erst erschliessen, wenn man schon an anderen Orten sich mit derselben vertraut gemacht hat; — einigermaassen indess wird sie schon durch die Form der gefärbten Flecke auf der Karte klar. Bei dem ersten Blick nämlich, den man auf eine solche Karte von Frankreich oder

Deutschland wirft, gewahrt man zwei sehr verschiedene Gestalten von Flecken; die einen sind breit, mehr oder weniger rundlich, während andere Farben meist nur schmale Bänder darstellen, welche sich oft mehr oder weniger kreisförmig um die runden Farbenflecke umherschlingen. Die ersteren breit angelegten Farben gehören den oberflächlichen, die bandförmig aufgetragenen den tieferen Schichten an, die nur hie und da zu Tage kommen. Auf einer Karte können natürlich nur die Ausdehnungen aufgetragen werden, welche sich wirklich auf der Oberfläche zeigen; da aber die meisten Schichten flächenartig über einander abgelagert sind, so ist es natürlich, dass die tieferen nur da auf der Karte sich finden, wo sie durch besondere Umstände an die Oberfläche gelangen. Es folgt demnach aus dem Anblick einer Karte noch nicht die vollständige Ausdehnung der einzelnen Schichten, sondern man erhält nur die der oberflächlichsten; die Schichten, welche durch bandförmige Streifen angedeutet sind, haben sogar oft eine grössere Ausdehnung als die oberflächlichen, indem sie unter diesen weggehen und auf beiden Seiten mit ihren Kanten erscheinen. Beistehende Karte der Umgegend von Paris, Fig. 39, zeigt ein solches Beispiel.

Fig. 39.

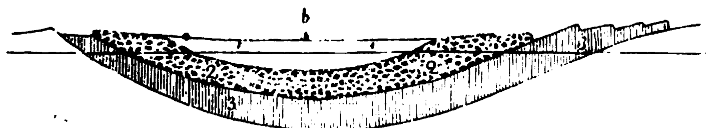


Karte des Tertiärbeckens von Paris.



In der Mitte findet sich eine Ausdehnung tertiärer Schichten, um welche herum sich ein schmaler Saum von Kreide zeigt. Die Kreide nimmt auf dem Plane nur sehr wenig Raum ein; sie ist umgeben von einem zweiten Saume jurassischer Schichten; macht man aber einen Durchschnitt des Planes, Fig. 40, so zeigt sich, dass die Kreide ein Becken

Fig. 40.



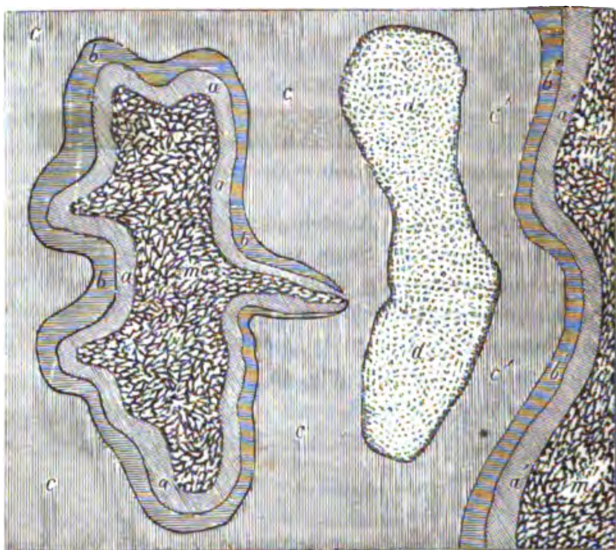
Durchschnitt des Pariser Beckens von Ost nach West.
a Meeresniveau. *b* Paris.

bildet, auf welchem die tertiären Schichten aufgelagert sind, und dass demnach die Kreideschichten dennoch einen grösseren Flächenraum einnehmen, als die tertiären, und dass die jurassischen Schichten eine zweite Schale bilden, in welcher die beiden vorgehenden Gebilde abgelagert sind.

Ein umgekehrtes Verhältniss findet bei den Bergketten statt. Hier §. 148.
findet sich ebenfalls auf den geologischen Karten oft ein mehr oder minder elliptischer, aber doch meist bedeutend in die Länge gezogener Kern von einer gewissen Farbe vor, um welchen sich die anderen Farben in schmalen Bändern herumschlingen. Man braucht sich hier nur zu vergegenwärtigen, dass der Kern meistens aus tieferen Massen besteht, um welche sich die übrigen oberflächlicheren Schichten anlegen, um sogleich den Schlüssel zu der Beurtheilung der Karte zu finden. Während bei den Becken der ebenen Gegenden demnach der innere centrale Fleck die oberflächlichste Schicht, die umgebenden bandartigen Streifen um so tiefere Schichten darstellen, je weiter entfernt sie vom Mittelpunkte sich umschlingen, so ist dies bei den Ketten gerade umgekehrt. Der innere Fleck bezeichnet die tiefste Schicht, und je weiter ein Farbenband davon entfernt ist, desto oberflächlicher ist die Schicht, welche es bezeichnet. Auch dies wird leicht durch eine

Zeichnung erläutert. Es sei Fig. 41 eine elliptische Bergkette mit

Fig. 41.



einem Centralkerne *m*, um welche herum sich drei verschiedene Farbenbänder schlingen, *a*, *b* und *c*. In der Nähe dieser Kette sei eine oberflächliche Anhäufung von Schichten, *d*, in einem Becken. Entwerfen wir nun den Durchschnitt des Planes, Fig. 42, so zeigen sich die

Fig. 42.



Bänder in der Ordnung *abc*, wenn man vom Centralkerne aus nach links oder rechts geht, während sie in der Nähe des flachen Beckens in der Ordnung *cba* auftreten, aus dem einfachen Grunde, weil in dem letzteren Falle die im Mittelpunkte erscheinenden Massen aufgelagert, in dem ersteren von innen heraus durchgebrochen sind. Auf der anderen Seite, wo ein zweiter Durchbruch eines anderen Kernes *m'* stattfindet, zeigen sich die Schichten wieder in derselben Lage und Reihenfolge diesem neuen Durchbruche gegenüber, wie bei dem Durchbruche *m*.

§ 149. Eine Täuschung, welcher man bei Beschauung geologischer Karten oft anheim fällt, verdient hier noch Erwähnung. Oft nämlich sieht man, namentlich bei Bergketten, schmale Ausläufer des Centralkernes weit in das Land hinein sich erstrecken, oft auch nur an einzelnen

Stellen, hie und da eine tieferen Schichten gehörende Farbe auftreten, und glaubt dann mit einer sehr verwickelten Structur zu thun zu haben. Dies ist aber oft gar nicht der Fall, sondern diese Ausläufer und schmalen Streifen deuten nur Thalrisse an, wo die oben liegenden Schichten bis auf eine gewisse Tiefe gespalten und dadurch die unterliegenden Schichten an die Aussenfläche gebracht sind. Ein einfacher Berg aus einem Centralkerne und einem einzigen aufliegenden Schichtensysteme bestehend, kann auf diese Weise, wenn die Decke an mehren Stellen zerspalten ist, auf der Karte ein sehr complicirtes Ansehen annehmen.

Der Anblick einer Karte, welche das Relief einer Gegend giebt §. 150.
und deren geologische Färbung zugleich die verschiedenen Massen, welche die Oberflächen zusammensetzen, wahrnehmen lässt, kann demnach schon viel zur Erkenntniss der Natur eines Landes thun; zu genauerer Anschauung aber gehören noch Profile und Durchschnitte, welche die Uebereinanderlagerung der einzelnen Schichten klar in's Auge fallen lassen. Bei Anfertigung solcher Profile aber treten eigenthümliche Schwierigkeiten hervor, auf die man leider nicht genug Rücksicht nimmt.

Unser Auge erhöht nämlich unwillkürlich die Berge und lässt ihre Abhänge weit steiler erscheinen, als sie in der That sind. Diese Täuschung ist nicht etwa künstlich oder in unserer Einbildungskraft begründet, sondern sie liegt in der Organisation unseres Auges so sehr, dass eine Zeichnung, welche das wahre Profil eines Berges giebt, durchaus unkenntlich ist, und dass man demnach Umrisse und Zeichnungen, welche man durch mathematische Hülfsmittel oder mittelst der *Camera lucida* oder *obscura* genommen hat, nicht in ihrer wahren Gestalt vorlegen kann, sondern ihre Höhe verdreifachen und vervierfachen muss, um die Gegend Anderen kenntlich zu machen. Deshalb erscheinen auch die daguerreotypischen Platten so wenig pittoresk, die Berge im Hintergrunde so klein und unscheinbar, eben weil sie die wahren Dimensionen, nicht aber diejenigen geben, welche unser Auge unwillkürlich sich bildet. Der Aetna, den Pindar die Säule des Himmels nennt, den alle Welt als einen hohen, spitzen Kegelberg beschreibt, ist auf einem mit der dunklen Kammer gezeichneten Umrisse durchaus unkenntlich, so gering ist seine Höhe, so sanft sein Abhang nach beiden Seiten.

Aus diesem ganz natürlichen Verhältnisse entsteht aber ein grosser §. 151.
Uebelstand für die geologischen Profile. Man kann diese nicht anders zeichnen, als indem man die Höhe im Verhältniss zur Basis bedeutend vergrössert, so dass man meist die vier- bis zehnfache Höhe zur einfachen Basis nehmen muss. Würde man dies nicht thun, so erschienen die Profile durchaus unkenntlich, und meist sogar würde es unmöglich sein, in der Zeichnung die Verhältnisse der einzelnen Schichten zu einander dar-

zulegen. Nun trägt man in diese einseitig verzerrten Profile die verschiedenen Schichten ein. Diese sind überall gleichförmig dick, man macht sie also auf der Zeichnung ebenfalls gleichförmig dick. Für die Anschauung des Bildes, für seine Vergleichung mit der Natur ist das Ganze vollkommen richtig, allein es führt zu total falschen Anwendungen, und sobald auf solche Profile dann irgend eine Arbeit, die im betreffenden Boden selbst ausgeführt werden soll, gegründet wird, so führt dies zu den bedeutendsten Fehlern. Ein Beispiel möge dies erläutern. Gesetzt, man habe einen aus mehren Schichtensystemen zusammengesetzten Berg, durch welchen man einen Tunnel brechen will. Es befindet sich unter diesen Schichten Kalk, Mergel, Sand, und man will wissen, welche von diesen Schichten man antreffen wird und wie gross die Erstreckung des Tunnels in der auf den folgenden Figuren durch Schraffirung angedeuteten Mergelschicht sein wird, eine Frage, die auf den Kostenvoranschlag, ja auf die Ausführung des ganzen Unternehmens den bedeutendsten Einfluss haben muss. Wie soll sich nun der Ingenieur benehmen? Nimmt er das vom Geologen gelieferte Profil, Fig. 43, reducirt er die Höhe auf ein Fünftel, indem er die Basis beibehält, da die Höhe um das Fünffache übertrieben ist, und verfährt er auf gleiche Weise mit den Schichten, so erhält er die Carricatur Fig. 44, die zwar in ihrem äusseren Profile dem wirklichen Berge ent-

Fig. 43.

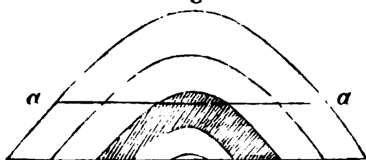


Fig. 44.



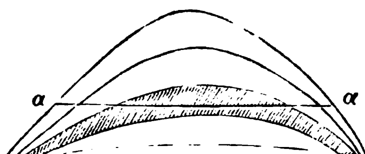
spricht, nicht aber in ihrem Inneren, denn die Schichten bilden darin natürlich Menisken, die aussen viel dicker sind, als innen, was doch in der That der Fall nicht ist. Die wahre Gestalt des Berges ist die Fig. 45 angegebene, seine Structur und die Schichtenlage verhält sich so, wie in dieser Figur es gezeichnet ist. Der Tunnel wird deshalb bei *a* durch den Mergel gehen. Hätte man das Profil des Geologen ohne Weiteres benutzt, so würde man nur die in Fig. 43 angegebene Erstreckung erhalten haben und demnach in den gröbsten Irrthum gefallen sein, indem man die Länge der Strecke, welche im Mergel verläuft, viel zu kurz angeschlagen hätte. Andererseits ist auch dem Geologen es unmöglich, sein Profil in anderer Weise darzustellen. Will er die wahren Verhältnisse, wie sie in der Natur vorhanden sind, darstellen, so gleicht das Bild, welches er giebt, dem Gegenstande durchaus nicht, und kein nachfolgender Beobachter würde den Berg erkennen, von dem man spricht; übertreibt man die Höhe, so müsste man auch die Dicke der Schichten in der Mitte übertreiben und diese

als in der Höhe dickere Halbmonde aufzeichnen, was zwar dann ein auf die natürlichen Verhältnisse reducirbares Bild gäbe, aber dann wieder nicht der Natur gleichen würde, denn eine Zeichnung, wie die in Fig. 46 gegebene, würde wahrlich Jedermann nur für eine Carricatur halten, obgleich sie nach mathematischen Grundsätzen die einzig richtige sein würde.

Fig. 45.

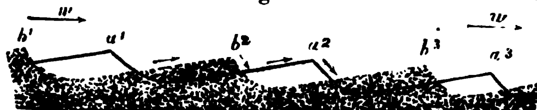


Fig. 46.



Der Zusammenhang der äusseren Form des Reliefs, welches unsere Erdrinde darbietet, mit der inneren Structur ist meistens so innig, dass ein geübtes Auge mit Sicherheit aus der äusseren Form erkennen kann, welche innere Structur die Masse haben muss, der diese Form angehört. Eine aller Orten vorkommende Gestalt ist nun diejenige, welche aus der Aufschüttung loser Materialien hervorgeht. Die Böschungswinkel der Erhabenheiten, welche von solchen Materialien gebildet werden, hängen begreiflicher Weise von der Grösse und Gestalt, sowie von der Glätte dieser Materialien wesentlich ab und können um so bedeutender sein, je grösser die Stücke und je unregelmässigere Zacken und Gestalten sie darbieten. Unter den einfachsten Verhältnissen zeigen sich diese aufgeschütteten Formen an den Dünen, welche wir an vielen Stellen längs des Meeresstrandes beobachten. §. 152.

Fig. 47.

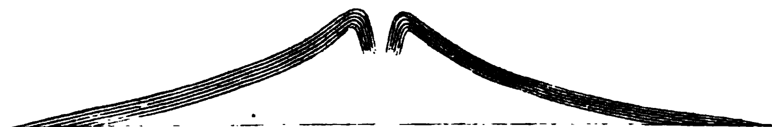


Die Dünen bestehen aus angehäuftem Sand, der sich je nach der Grösse seiner Körner in entsprechenden Böschungen abgelagert hat. Der Fuss dieser Hügelreihen, welche nur aus losem Sande aufgeschüttet und von dem Winde beständig umgearbeitet werden, wird gewöhnlich von dem Meere bespült und lagert sich unter dem Wasser in fast horizontaler Richtung, die trockenen Sandhügel aber werden von dem Winde dadurch umgemodelt, dass er, wenn er z. B. in der Richtung w wirkt, die bei b^1 liegenden Körner hinabwirft und so allmälig in der dahinter liegenden Furche ansammelt, bis der Rücken a^1 entsteht. So entstehen dann statt der Hügel b^1, b^2, b^3 nach und nach die Hügel a^1, a^2, a^3, und die Dünen bewegen sich gleichsam wellenförmig land-

einwärts, wobei alle auf einander folgenden Hügel stets dieselben Böschungen haben, eine der See zugewandte flachere, die durch den Druck des Windes modificirt wird, und eine der See abgewandte, unter dem Winde gelegene Böschung, welche dem Fallwinkel, der aus der Grösse der Körner des Sandes hervorgeht, entspricht.

Die vulcanischen Eruptionskegel, welche aus Schlacken, Sand und Asche, die bei dem Ausbruche aus der Luft herniederfallen, aufgehäuft werden, bieten ähnliche Verhältnisse dar.

Fig. 48.



Der Durchschnitt eines solchen Eruptionskegels sieht aus, als wenn man zwei Dünen mit ihren steilen Seiten gegen einander dargestellt hätte, indem nach aussen hin die Materialien beim Falle einen ihrer Natur und Grösse angemessenen Böschungswinkel gebildet haben, während auf der inneren Seite an dem Schlote des Vulcans die aufgeschichteten Massen gewissermaassen successive röhrenartige Belegungsschichten bilden; eine grosse Anzahl vulcanischer Berge sind auf solche Art zusammengeschüttet und selbst die ungeheuren Kegel des Chimborasso und anderer Vulcane der Anden scheinen solche Aufschüttungskegel zu sein, die nur deshalb so steile Wände besitzen, weil die Materialien, aus denen sie aufgeschüttet sind, nicht einfacher Sand, sondern riesige Blöcke sind, die fast senkrecht auf einander lagern.

Die erwähnten Aufschüttungsformen kommen nicht nur in der angeführten Weise an ganzen Gipfel- und Hügelreihen vor, sondern finden sich namentlich auch sehr häufig im Inneren der Gebirge als sogenannte Schutt- und Schwemmkegel (Fig. 49).

An dem Fusse der Runsen und Tobel, aus welchen die verwitterten Gebirgsmassen die losgerissenen Steine und Felsen, namentlich im Frühling zur Zeit der Schneeschmelze in das Thal hinabstürzen, bildet sich nach und nach eine kegelförmige Anhäufung dieser Materialien aus, die einerseits an die Thalwandung sich anlehnen und andererseits einen Böschungswinkel bilden, der von der Grösse und Gestalt der Materialien selbst abhängt und gewöhnlich etliche und 30 Grade beträgt.

§. 153. Unter den Formen, welche von Gebirgen gebildet werden, die aus festen Materialien zusammengesetzt werden, kann man vier Classen unterscheiden, die sich auf eine gewisse Structur des Inneren beziehen.

1. Gestalten, welche aus einer unbestimmten Structur des Inneren hervorgehen. Im Ganzen ist diese unbestimmte Structur selten; sie findet sich nur in ungeschichteten, krystallinischen

Gesteinen, die nach allen Richtungen von Spalten durchkreuzt sind. In den meisten krystallinischen Gebirgen haben die Spalten doch eine

Fig. 49.



Durchschnitt eines Schuttkegels.
a Anstehende Felskegel. *b* Schuttkegel.

bestimmte, gleichförmige Richtung nach einer oder mehren divergirenden Flächen; es kommt aber zuweilen vor, dass dies nicht der Fall ist und dass die ganzen Massen dergestalt zersplittert sind, dass man im ganzen Gebirge keinen Block von einigen Metern Durchmesser auffinden könnte. In solchen Fällen verwittern dann auch die mineralischen Massen äusserst leicht, und es kann dann keine abgerissene steile Form in diesen Gebirgen vorkommen, weil eben diese scharfen Absätze verwittern und zusammenstürzen. Gebirge und einzelne Berge mit solcher unbestimmter innerer Structur bilden mehr oder minder hohe rundliche Kuppen mit gefälligen Begrenzungslinien, aber wenig pittoresken Formen; meist stehen sie in gewissen Richtungslinien zu einander und bieten dann aus der Ferne den Anblick hinter einander gestellter Maulwurfshügel dar. Die Vogesen bieten in vielen ihrer Gipfel solche Berge dar und der gesunde Volkssinn hat diese eigenthümliche Gestalt scharf erfasst, indem er diesen Bergen der Vogesen den bezeichnenden Namen der Belchen (*Ballons*) beigelegt hat. Ihre rundliche Kuppenform verdient in der That mit einem Ballon verglichen zu werden.

2. Gestalten, welche aus tafelförmiger Absonderung ihrer bildenden Masse hervorgehen. §. 154.
In den meisten Gebirgen, welche aus ungeschichteten, krystallinischen Massen gebildet sind, finden sich doch besondere Spaltflächen, die vorzugsweise nach einer speciellen Richtung gelegt sind und so eine tafelförmige Absonderung bedingen. Verwittert das Gebirge, so lösen sich diesen Richtungslinien zufolge die Stücke in gewaltigen breiten, mehr oder weniger dicken

Massen ab, wie dies bei den meisten Granit- und Gneissgebirgen der Fall ist. Sind nun diese Tafeln mehr oder minder senkrecht aufgerichtet, und noch obenein aus festen, schwer verwitternden Massen gebildet, so entstehen daraus die wunderlichsten, kühnsten Formen, wie dies namentlich in den Alpen auf das schönste hervortritt. Die Aelpler unterscheiden auch diese Formen durch besondere Namen: Hörner, Stöcke, *Aiguilles*, *Dents*, weil sie in der That mit diesen Gegenständen grosse Aehnlichkeit darbieten. Laufen diese scharfen Tafeln in langer Linie fort, wie denn die Richtungslinien der Absonderung meist in bestimmter Beziehung zu der Axe der Bergkette selbst stehen, so werden dadurch scharfe Kämme oder Gräte gebildet, welche, von der Seite gesehen, wie spitze Pyramiden aussehen. In anderen Fällen sind diese Kämme zerrissen, der grösste Theil zerstört und dann bleibt nur eine einfache Nadel übrig, die wie ein Zahn in die Luft steht. Am Montblanc (Fig. 50) namentlich tritt diese letztere Form deutlich hervor,

Fig. 50.



Kette des Montblanc vom Breven aus.
a Chamouni. *b* Montblanc. *c* Mer de glace. *d* Bossons-Gletscher. *e* Aiguille verte. *f* Dôme du Gouté. *g* Montanvert.

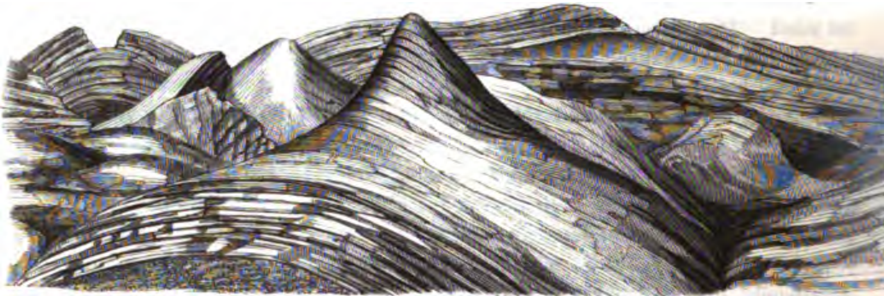
während in den Berner Alpen mehr die langen Kämme oder Gräte ausgebildet sind. Die kühnen Gestalten und scharfen Linien, wodurch die Gebirgsformen dieser Classe in pittoresker Hinsicht sich so sehr auszeichnen, hängen hauptsächlich von der Zusammensetzung ihrer Masse ab, die den atmosphärischen Einflüssen sehr kräftig widersteht, nur sehr wenig verwittert und deshalb stets frische Brüche und scharfe Winkel darbietet. Da, wo dieser Widerstand gegen den zerstörenden Einfluss der Atmosphäre geringer ist, da treten auch an den verwitternden Gesteinen solche scharfe Formen nicht hervor, weil sie bald zerstört werden und in gefälligere sanftere Formen übergehen.

3. Gestalten, aus prismatischen Absonderungsflächen der bildenden Masse hervorgegangen. Solche Formen kommen im Vergleich zu den vorhergehenden nur äusserst selten und nur bei Massen vor, welche in völligem Fluss gewesen und regelmässig erkaltet sind. Die Basalte bieten das prägnanteste Beispiel dieser Formen. Sie sind fast in senkrechte Prismen zerschnitten, welche meist sechsseitig, oft aber, bei mehr oder minder regelmässiger Abkühlung, nur dreiseitig, manchmal selbst neun- und zehnseitig sind. Es ist leicht nachzuweisen, dass ein regelmässig sich abkühlender feuriger Strom in solche Prismen bei der Erkältung und Zusammenziehung sich zerspalten muss. Meist haben diese Basaltprismen 40 bis 60, oft aber auch mehre hundert Centimeter Dicke und sie bieten zuweilen so regelmässige natürliche Säulenreihen, dass das Volk sie mit dem Namen „Orgelpfeifen“ belegt, ein Ausdruck, der in der Ferne ziemlich richtig ist, in der Nähe aber von seinem Werthe verliert, da die einzelnen Säulen nicht runde Cylinder, sondern eckige Prismen bilden. Die Basalte im Ganzen bilden entweder rundliche Kuppen mit oft senkrechten seitlichen Abstürzen, oder aber lange fast horizontale Linien; — immer aber stehen die Prismen mehr oder weniger senkrecht auf der Oberfläche. Beispiele solcher prismatischen Absonderungen im Grossen finden sich in allen Gegenden, wo alte Vulcane anzutreffen sind, und die Jedermann bekannte Fingalshöhle auf Staffa bildet eine der vorragendsten Erscheinungen dieser Art. §. 155.

4. Gestalten, welche eine Folge der Schichtung sind. Diese Formen sind ohne Zweifel die häufigsten und mannigfaltigsten, da nicht nur die Schichtung selbst, sondern auch die Consistenz der Schichten, ihr Wechsel unter einander und ihre Lagerung in mehr oder minder horizontaler Richtung die mannigfaltigsten Gestaltenwechsel herbeiführen können. Indessen lassen sich alle diese Gestalten, so mannigfaltig sie auch sein mögen, auf die gerade Fläche wieder zurückführen; alle noch so verschieden gestalteten Schichten und Blätter lassen sich entfalten, entwickeln, und keine Gestalt giebt es, die nicht dieser Entfaltung fähig wäre; aus dem einfachen Grunde, weil alle Schichten anfangs horizontale Flächen bildeten und erst später durch verschiedene Ursachen in die verwickelten Lagen gebracht wurden, in welchen wir sie jetzt sehen. So erscheinen in der umstehenden Skizze des Thales von Bärschwyl sehr mannigfache Formen, die sich aber bei genauerer Betrachtung als durchaus abhängig von der Schichtung zeigen (Fig. 51 a. f. S.). Auf den ersten Blick erscheint die Schichtung übereinstimmend mit der tafelförmigen Absonderung, allein im Grunde ist dies nicht dasselbe. Die Sprungflächen bei den tafelförmigen Absonderungen erscheinen zwar parallel, entsprechen sich aber unter einander nicht, so dass die ganze Masse dennoch ein zusammenhängendes Ganze bildet. Die Schichten aber sind durchweg getrennt, so weit §. 156.

man sie auch verfolgen mag, und oft bedecken sie ausgedehnte Strecken. Zudem behält eine Schicht in ihrer Flächenerstreckung fast stets die

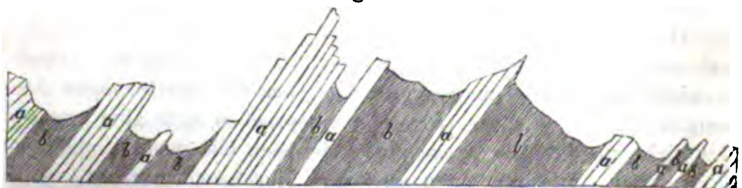
Fig. 51.



Gegend von Bärschwyl im Solothurner Jura.

nämliche Dicke und auch fast genau dieselbe Zusammensetzung bei, so dass man oft in stundenweiter Erstreckung dieselbe Schicht an ihren einzelnen Kennzeichen wieder erkennen kann. Wenn indess auf diese Weise die Schicht in sich denselben Charakter im Allgemeinen unverändert festhält, so folgt daraus nicht, dass verschiedene Schichten, die zu demselben Systeme gehören und über einander liegen, auch dieselbe Zusammensetzung und Dicke besässen. Hier herrschen im Gegentheile die grössten Verschiedenheiten, und es ist durchaus nichts Ungewöhnliches, dicke, feste, unverwitterbare Kalkschichten zum Beispiel auf dünnen, blätterigen Schiefern, auf Lehm oder Mergel aufliegen zu sehen, oder auch in mehrfachem Wechsel Kalksteine, Sand, Mergel und wie alle die verschiedenen Modificationen heissen mögen, zu finden und Schichten von der Dicke eines Meters und mehr mit papierdünnen Ablagerungen wechselnd zu beobachten. Diese Verschiedenheit in der Dicke der Schichten und in ihrem Widerstande gegen die zerstörenden Einflüsse der Atmosphäre bedingt schon die mannigfachsten Formgestalten. Oft, wenn die Schichten emporgerichtet sind, bilden sich durch Verwitterung mehr oder weniger dicker Zwischenlager seltsame, scharf ausgezackte Formen, indem die festeren Schichten stehen bleiben; sowie z. B. die in dem beistehenden Profile ausgedrückte Gestalt, wo *a* die

Fig. 52.



festen, schroff bleibenden Schichten, *b* die lockeren und ausgewaschenen Zwischenschichten bezeichnet.

§. 157. In solchen Fällen können die auf diese Weise hergestellten Formen sehr denjenigen ähnlich werden, welche aus tafelförmiger Ablagerung der Gesteine hervorgehen; indessen herrscht hier immer noch der Unterschied, dass bei den geschichteten Gesteinen selten die Querrisse vorhanden sind, wodurch Nadelgestalten entstehen, sondern dass dann die Felsen lange fortziehende Kämme bilden. Auch in den Thalwänden wird durch diese verschiedene Festigkeit der einzelnen über einander liegenden Schichten eine grosse Mannigfaltigkeit bedingt. Feste, unverwitterbare Schichten werden in Thalrissen schroffe, reine Ecken und Brüche darbieten, wie in Fig. 53, während Schichten, die leicht verwittern, mehr oder minder sanft abschüssige Gefälle darbieten, wie Fig. 54. Wechseln beide Arten Schichten mit einander ab, so entstehen terrassenartige Wände, Fig. 55, wo steile, treppenartige Absätze (festere Schichten *a*) mit schiefen Abhängen (verwitterten Schichten *b*) wechseln.

Fig. 53.

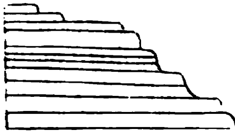


Fig. 54.

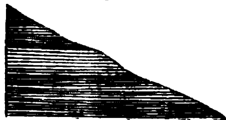
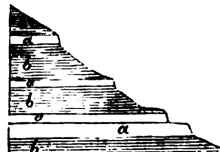


Fig. 55.



§. 158. Nicht nur in den Gebirgen aber, sondern auch in den Ebenen hat die Schichtung den bedeutendsten Einfluss auf die Gestaltung des Bodens. So finden sich in den meisten Gegenden die Plateaus durch quere Abstürze der Schichten geendet, die Thäler durch die Begrenzungen der Schichten selbst bedingt und die verschiedenen Zustände der Stratification lassen schon von vornherein auf das Relief des ebenen Landes schliessen. Die Thäler, welche die Ebenen durchziehen, laufen entweder längs der Grenzen der einzelnen Schichten hin, oder aber sie sind dadurch entstanden, dass an einzelnen Stellen die oberen Schichten entfernt, ausgewaschen oder durchbrochen sind. Das Relief des Bodens im ebenen Theile von Frankreich, Deutschland, Russland ist einzig durch diese scheinbar unbedeutenden Verhältnisse des Schichtenwechsels bedingt. Darum sind es auch vorzugsweise die Flussthäler in den Ebenen, welche der Geologe aufsucht, wie die Durchbrüche und Steingruben in den Bergen, weil er in ihnen die Schichten in ihrer bestimmten Aufeinanderlagerung erblicken und oft in den Ebenen von wenig erhöhten Punkten aus bis in unabsehbare Fernen hin verfolgen kann.

Zweites Capitel.

Lithologie.

§. 159. Wenn es gewiss ist, dass die Erde aus verschiedenen mosaikförmig in einander gefügten oder über einander gelegten Stücken besteht, die in ihrer ganzen Ausbreitung sich selbst so ziemlich in ihrer Zusammensetzung gleich bleiben, dagegen oft unter einander bedeutend verschieden sind, so erscheint es von der ersten Nothwendigkeit, diesen einzelnen Stücken Namen zu geben, welche eine bestimmte Bedeutung haben und die sich stets auf eine und dieselbe Zusammensetzung oder Textur beziehen. Die Benennung der Steine oder Felsarten war schon weit früher in Anwendung, als man nur an Geologie oder Mineralogie dachte; ehe man noch einen Krystall oder eine Mineralspecies kannte, nannten schon Maurer und Architekten die verschiedenen Baumaterialien, welche sie unter den Händen hatten, mit Namen, welche für dieselben bezeichnend waren und deren viele auch aus dem Volksgebrauche in die Sprache der Wissenschaft übergegangen sind. Die Lithologie (Petrographie) oder die Kenntniss der Gesteine, welche die Erdrinde zusammensetzen, ist demnach ein wesentlicher Theil der Geologie. Sie ist wesentlich verschieden von der Mineralogie, welche sich nur mit den einzelnen Arten der Mineralien und deren Beschreibungen befasst. Die Gesteine aber, welche das Grundmaterial der geschichteten und ungeschichteten Massen bilden, aus welchen unsere Erdrinde vom geologischen Gesichtspunkte aus zusammengesetzt ist, diese **Gesteine** oder **Felsarten** (franz. *Roches*) sind meistens keine einfachen Mineralien, sondern aus mehren einfachen Mineralien zusammengesetzt, und es ist wichtig, die Felsarten ihren äusseren Kennzeichen nach zu unterscheiden und zu ordnen, ganz so wie man die Mineralien nach ihren Kennzeichen geordnet hat. Es giebt einzelne Mineralspecies, welche auch für sich allein Felsarten bilden können, wie z. B. der kohlensaure Kalk; allein man kann erst dann eine solche Mineralspecies als Felsart bezeichnen, wenn sie wirklich mit bedeutenden Massen in die Bildung der Erdrinde mit eingreift, sich über ansehnliche Räume verbreitet, eigene Gebiete

bildet und somit in der That ein wesentliches Element der Erdrinde darstellt. Die Felsarten nach den einzelnen Mineralien, welche in ihre Zusammensetzung eingehen, bestimmen und studiren zu wollen, ist hauptsächlich deshalb unstatthaft, weil eben die meisten dieser Felsarten aus mehren derselben gemengt sind und viele ihrer Eigenschaften grade ihrer Mengung verdanken. Bekanntlich ändern sich nämlich die physikalischen, wie chemischen Eigenschaften der einzelnen Substanzen oft ausserordentlich durch die Mengung mit anderen Körpern. Salze, welche durch ein gewisses Reagens vollkommen gefällt werden, zeigen in Gegenwart von anderen Substanzen in derselben Auflösung keinen Niederschlag; in anderen Fällen werden Stoffe, die nicht gefällt werden sollten, dennoch durch die Gegenwart einer anderen Substanz, welche sich niederschlägt, mit niedergerissen. Manche Körper sind fast unschmelzbar; mit anderen gemengt, erhalten sie einen weit niedrigeren Schmelzpunkt. Ganz dasselbe ist der Fall mit den einzelnen Felsarten; sie haben Eigenschaften, welche ihnen nur in ihrem bestimmten Zustande als gemengte Körper zukommen und welche man unmöglich aus den einzelnen Gemengtheilen, den Eigenschaften der einzelnen Mineralspecies, welche die Felsart zusammensetzen, herausconstruiren könnte. Man hat der Lithologie eben aus dieser Zusammensetzung der Materialien, womit sie sich beschäftigt, einen Vorwurf machen wollen, allein mit grossem Unrechte, da in allen Naturwissenschaften ähnliche Zweige vorkommen, die sich nothwendiger Weise mit den Eigenschaften gemengter Körper beschäftigen müssen. Das Meer, die Atmosphäre, das Blut und so viele andere Körper, mit deren Studium die Wissenschaft sich beschäftigt, sind nur natürliche Mengungen gewisser einfacher Bestandtheile, denen aber eben als Mengungen Eigenschaften zukommen, welche durchaus eigenthümlich sind.

Die Felsarten verdanken demnach viele ihrer Eigenschaften ge- §. 160.
wissen physikalischen Bedingungen, welche bei ihrer Entstehung obgewaltet haben, und durch welche die specielle Mengung der einzelnen einfachen Mineralien, aus welchen sie zusammengesetzt sind, bewirkt wurde. Allein auch selbst, wenn sie aus einfachen Mineralien bestehen, selbst in diesem Falle bieten sie je nach den physikalischen Bedingungen ihrer Bildung ziemlich bedeutende Verschiedenheiten dar, welche mehr oder weniger ganz unabhängig von ihrer chemischen Constitution sind. So bildet z. B. der kohlensaure Kalk je nach den Verhältnissen, unter welchen er gebildet wurde, und je nach den Einwirkungen, denen er später ausgesetzt war, sehr wesentliche Verschiedenheiten dar. Es verhalten sich überhaupt die Felsarten zu den einfachen Mineralien etwa wie die reinen chemischen Elemente zu den Kunstproducten. Eisen ist immer Eisen; allein je nachdem es gewalzt, gehämmert, gegossen ist, erlangt es sehr verschiedene Eigenschaften, welche derjenige, welcher sich speciell mit dem Eisenhandel oder seiner Verarbeitung be-

schäftigt, auf den ersten Blick erkennt. Ganz auf ähnliche Weise verhält es sich mit den Felsarten; der Geologe muss sie unterscheiden können, muss bestimmte Zeichen haben, woran er sie erkennt, bestimmte Namen besitzen, woran sich feste Begriffe knüpfen. Werner hat seiner Zeit der Wissenschaft einen ausserordentlichen Dienst geleistet, indem er eine bestimmte Nomenclatur einführte, die bald allgemein angenommen wurde, da Werner seiner Zeit förmlich der Dictator der Wissenschaft war. Es wäre zu wünschen, dass die Geologen auch jetzt über den Begriff, den sie mit einzelnen Worten verbinden wollen, sich vollkommen einigen möchten.

§. 161. Die chemischen Bestandtheile, aus welchen die Gesteine zusammengesetzt sind, erscheinen im Ganzen wenig zahlreich, wenn man einige seltener vorkommende Felsarten, die eine nur unbedeutende Rolle in der Zusammensetzung der festen Erdkruste spielen, ausnimmt. Als vorwiegender Bestandtheil steht die Kieselerde da, welche theils für sich allein, theils aber namentlich in Verbindung mit anderen Erden und Metallen den grössten Theil der plutonischen Massen des Erdkörpers bildet und auch in den Sedimentablagerungen eine bedeutende Rolle spielt. In den Silicaten, welche so häufig vorkommen und z. B. die Basis des Granites, des Basaltes u. s. w. bilden, spielt die Kieselerde stets die Rolle einer Säure, und wenn sie als selbstständiger Bestandtheil auftritt, so erscheint sie bald als halbkrystallinische Masse, welche vorher geschmolzen war, bald in eigenthümlichen, durch den organischen Lebensprocess bedingten Formen.

Die Kalkerde, die Thonerde und die Talkerde bilden, theils mit Kohlensäure, theils mit Kieselerde verbunden, in den meisten mineralischen Massen der Erdkruste die hauptsächlichste Basis; — Kali und Natron stehen ihnen wohl an Masse nach, obgleich gerade diese beiden Alkalien an den meisten feuerflüssigen Bestandtheilen einen wichtigen Antheil haben.

Unter den Metallen ist das Eisen am weitesten verbreitet, theils als Oxyd verschiedener Stufe, theils als Schwefelmetall; die übrigen Metalle bilden nur geringe Mengen und meist nur hie und da zerstreute zufällige Bestandtheile.

Unter den Säuren endlich nimmt nächst der schon erwähnten Kieselerde die Kohlensäure den ersten Rang ein, indem sie dem Gewichte nach zwei Fünftel aller geschichteten Kalksteingebirge ausmacht und überall, wo Kalk in Sedimentablagerungen vorkommt, mit diesem verbunden auftritt. Im zweiten Range stehen die Schwefelsäure, welche mit Kalk verbunden die Gypsmassen bildet, und das Chlor, das namentlich in seiner Verbindung mit Natron und Kochsalz eine wesentliche Rolle spielt.

Indem wir diese wenigen chemischen Bestandtheile aufzählen, wollen wir damit durchaus nicht sagen, dass die anderen chemischen Grundstoffe,

welche in der Natur vorkommen, nur zufällige oder accessorische Bestandtheile seien. Die Nothwendigkeit ihrer Existenz besteht ebensowohl für die geringeren, wie für die grösseren Massen, und viele derselben, welche in der Industrie eine Benutzung finden, wie namentlich die verschiedenen Metalle, erscheinen von der grössten Bedeutung für die Wissenschaft wie für das Leben; im Verhältniss zu den angeführten Stoffen erscheinen aber die übrigen Körper in so geringen Massen, dass sie bei einer allgemeinen Uebersicht der Hauptbestandtheile füglich übergangen werden können.

Die meisten angeführten Säuren und Basen finden sich nicht als §. 162.
solche in der Natur, sondern in Verbindungen, in welchen sie bestimmte Mineralspecies bilden, die ihren verschiedenen Eigenschaften, wie Krystallisation, Härte, chemische Zusammensetzung, nach von der Mineralogie genauer beschrieben werden. Die wesentlichen mineralogischen Bestandtheile der Felsarten sind nun die folgenden:

1. Quarz.
2. Orthoklas.
3. Albit.
4. Petalit.
5. Rhyakolit.
6. Oligoklas.
7. Labrador.
8. Saussurit (Jade)
9. Triphon.
10. Nephelin (Eläolith).
11. Mesotyp.
12. Analcim.
13. Amphigen.
14. Sodalith.
15. Hauyin.
16. Glimmer.
17. Lepidolith (Magnesia - Glimmer).
18. Chlorit.
19. Talk.
20. Steatit (Speckstein).
21. Serpentin.
22. Amphibol. Tremolit.
23. Amphibol. Actinot (Hornblende).
24. Pyroxen. Diopsid (Augit).
25. Pyroxen. Hedenbergit.
26. Hypersthen.
27. Diallage.
28. Turmalin.

(Nr. 2–9:) Gruppe der Feldspathe.

(Nr. 2–15:) Alle diese verschiedenen Mineralien bilden Doppelsilicate von Alkalien mit Thonerde, und mit Ausnahme des Hauyins, Nr. 15, der sehr selten ist, besitzen alle eine mehr oder minder weisse Farbe.

29. Pinit.
30. Topas.
31. Granat.
32. Epidot. Thallit.
33. Eisenoxydoxydul.
34. Eisenglanz.
35. Eisensilicat.
36. Kohlensaures Eisen.
37. Eisenoxydhydrat.
38. Kohlensaurer Kalk.
39. Dolomit.
40. Gyps.
41. Anhydrit.
42. Steinsalz.
43. Thon.
44. Fossile Brennmaterialien.

§. 163. Die Lithologie oder genaue Kenntniss der Gesteine ist das nothwendige Abc des Geologen, das er auf das vollständigste inne haben muss, um nicht in die gröbsten Irrthümer zu verfallen. Die Gesteine bilden gleichsam die Buchstaben, aus denen die Schrift zusammengesetzt ist, die der Geologe deuten soll, und derjenige, welcher noch im Stande ist, einzelne Buchstaben zu verwechseln, wird begreiflicher Weise niemals fliessend lesen lernen. Die Gesteine sind aber meistentheils Gemenge aus verschiedenen der eben angeführten Mineralspecies; — nur selten bildet eine einige für sich, wie z.B. Serpentin, Dolomit oder Kalk, grosse Massen. Es handelt sich demnach darum, in den Gemengen, welche die Natur uns vorführt, diese einzelnen Bestandtheile zu unterscheiden, und somit die Natur des Gesteines zu erkennen. Diese Untersuchung ist nicht so leicht, sondern im Gegentheile mit den grössten Schwierigkeiten verknüpft, und bei vielen Felsarten sind wir noch heute nicht im Stande, eben dieser Schwierigkeiten wegen, nachzuweisen, aus welchen einzelnen Bestandtheilen sie gemengt sind. Die krystallinischen Elemente sind fast niemals vollständig ausgebildet, vielmehr in ihrer Krystallisation gehemmt, verkrüppelt und so durcheinander verwachsen, dass sie kaum erkenntlich sind. Zudem sind sie meistens äusserst klein und dadurch ihre Winkel und Flächen unkenntlich, so dass ihre Bestimmung die grösste Schwierigkeit macht. Es gelingt deshalb meist nur durch verwickelte Operationen, die einzelnen Bestandtheile anschaulich zu machen. Zuweilen genügt dieses durch die Prüfung mit dem bewaffneten Auge, sei es mit der Loupe oder dem Mikroskope. An frischen Bruchflächen kann man dann oft bei directer Beleuchtung mit dem Sonnenlichte unter starker Vergrösserung die Spiegelflächen der Kryställchen an solchen Gesteinen erkennen, deren Grundmasse

dem blossen Auge homogen erscheint. Häufig gelingt dieses noch besser an solchen Proben, welche einer theilweisen Zersetzung oder Verwitterung ausgesetzt waren. An solchen verwitterten Gesteinen widerstehen oft einzelne Bestandtheile der Zersetzung viel besser als andere, so dass ein scheinbar gleichförmiges Gestein nach und nach in einen Haufen einzelner loser Kryställchen zerfällt, deren Bestimmung dann leichter wird; zuweilen auch ergiebt sich die Zusammensetzung aus der Analogie, indem dieselbe Masse an einem Orte sehr wenig, in einiger Entfernung davon bedeutend ausgebildete mineralogische Bestandtheile zeigt. So giebt es, um nur ein Beispiel anzuführen, Granitgänge, deren Masse an den Rändern durch die plötzliche Abkühlung so schnell krystallisirte, dass sie vollkommen amorph erscheint, während weiterhin bei langsamerer Abkühlung die Krystalle sich vollständiger ausbildeten und nun ihrer Natur nach erkannt werden können. Häufig gelingt es auch durch eine genaue mineralogische Untersuchung, durch Berücksichtigung der Farbe, des specifischen Gewichtes, der Härte, durch das Verhalten vor dem Löthrohre und durch die äussere Einwirkung von Säuren ein und das andere Gemengtheil solcher Gesteine auszuscheiden und zu erkennen, oder die Grundmasse zu lösen, in welcher diese Gemengtheile bisher eingebacken waren. Oft muss man dieser Untersuchung eine genaue mechanische Zersetzung des Gesteines vorausgehen lassen. Man pulvert zu diesem Zwecke das Gestein, wobei man soviel als möglich die angewandte Kraft so zu modificiren sucht, dass sie nur zur Trennung der kleinen Gemengtheile hinreicht, ohne dieselben gänzlich zu zermalmen. — Man schlemmt dann das erhaltene Pulver in solcher Weise, dass die verschiedenen Gemengtheile nach ihrem specifischen Gewichte sich von einander trennen und als besondere Partien pulveriger Niederschläge erhalten werden. Diese verschiedenen Partien werden dann jede für sich nach ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften geprüft, und so die Mineralspecies festgestellt, aus welcher sie bestehen. Cordier, der diese Methode zuerst in die Wissenschaft einführte, hat auf diese Weise nachgewiesen, dass viele Laven und sonstige scheinbar durchaus einfache Gesteine aus verschiedenen Mineralspecies gemengt seien.

Als letztes Hülfsmittel bleibt dann noch die chemische Analyse eines Gemenges, das sich sonst auf keine Weise mechanisch zerlegen lässt, und die Berechnung der einzelnen Mineralspecies aus den erhaltenen Mengen der Bestandtheile nach ihrer vorher bekannten Zusammensetzung. Es versteht sich von selbst, dass die chemische Analyse eines Gemenges nur dann angestellt werden darf, wenn alle Mittel der mechanischen Zerlegung fehlgeschlagen haben, und dass man sonst nur die mechanisch zerlegten Bestandtheile, jeden einzelnen für sich, der Analyse unterwerfen darf. Zuweilen freilich gelingt auch eine Trennung

der Gemengtheile auf chemischem Wege, indem z. B. das eine Mineral von schwachen oder starken Säuren aufgelöst wird, das andere nicht; allein wenn auch dies nicht der Fall sein sollte, so lässt sich manchmal mit Berücksichtigung des Umstandes, dass einzelne Mineralspecies eine Mengung mit anderen ausschliessen, aus der Analyse eines Gemenges auf die einzelnen Bestandtheile desselben schliessen.

§. 164. Man unterscheidet im Allgemeinen zwischen Hauptbestandtheilen der Gesteine und zufälligen accessorischen Einschlüssen, obgleich zwischen beiden eine genaue Grenze nicht gezogen werden kann. So finden sich in einer Menge von Gesteinen hie und da Nester von Krystallen, Gänge mit anderen Bestandtheilen ausgefüllt, Mandeln und Drüsen, welche durchaus nicht zu der Natur des Gesteines als solches gehören, und die man daher als accessorische Bestandtheile betrachten kann; andererseits sieht man in Sedimentablagerungen Versteinerungen, Fragmente anderer Felsarten, Rollsteine u. s. w. abgelagert, deren Anwesenheit in der Schicht ebenfalls mehr zufälligen Umständen zugeschrieben werden kann. Sobald aber die Mandeln z. B. so häufig werden, dass ein sogenannter Mandelstein entsteht, sobald die Trümmer- und Rollsteine in solcher Weise zunehmen, dass Puddinge, Conglomerate und Nagelfluhen gebildet werden, sobald die Versteinerungen fast allein für sich die ganze Schicht ausmachen, wie z. B. im Miliolenkalk oder dem Nummulitensandstein, so hören diese accessorischen Bestandtheile auf, als zufällig zu gelten, und bilden dann in der That wesentliche Bestandtheile des Gesteines.

Der Entstehung nach kann man die Gesteine in solche trennen, welche als reine Mineralien von Anfang an aufgetreten sind, und in solche, welche durch Einwirkung organischer Körper, seien sie nun Pflanzen oder Thiere, gebildet wurden. In den Sedimentablagerungen bilden oft die letzteren die wesentlichsten Massen. In den plutonischen Gesteinen dagegen findet sich stets nur mineralische Thätigkeit als bildende Kraft.

Eine wesentliche Unterscheidung wird endlich noch geboten durch das Verhalten der Gesteine, der Zeit und anderen tellurischen Einwirkungen gegenüber. Die einen scheinen sich so ziemlich in derselben Weise erhalten zu haben, wie sie von Anfang an abgesetzt wurden; Structur und Zusammensetzung ist etwa dieselbe geblieben; in anderen Massen aber, die wir als metamorphische Gesteine bezeichnen, ist der ursprüngliche Zustand in einen anderen übergegangen, und Zusammensetzung wie Structur oft durchaus verändert worden. Oft können wir dieser Metamorphose Schritt für Schritt folgen; in manchen Fällen aber liegen die Gründe der Erscheinung tiefer und über die meisten Metamorphosen im Grossen herrschen auch jetzt noch die verschiedensten Ansichten unter Geologen und Chemikern.

Wenn wir uns mit dem Studium der einzelnen Gesteine und Felsarten befassen, so ist wohl darauf zu achten, dass wir es hier nicht mit scharf umgrenzten Species zu thun haben, wie etwa der Mineraloge, sondern dass wir uns Gemengen gegenüber befinden, von welchen es unmöglich ist, einen ganz scharf und genau begrenzten Begriff zu geben. Die Definitionen der einzelnen Felsarten müssen vielmehr, wenn sie der Natur entsprechen sollen, eine gewisse Elasticität besitzen, da die mannigfachsten Uebergänge zwischen verschiedenen Gestalten und Structuren sich in diesen Gemengen finden. Die Kunst bei der Classification der Felsarten besteht nicht darin, so viele Abtheilungen als möglich zu machen und die einzelnen Unterscheidungen bis in das Feinste auszuspitzen, man könnte sonst fast aus jedem Steine eine besondere Felsart machen; — sondern vielmehr grosse Abtheilungen aufzustellen, welche den in der Natur vorhandenen, im Grossen ausgebildeten Massen möglichst entsprechen und dadurch im Kleinen das Bild wiederholen, welches die Natur im Grossen uns bietet. Weil eben die Felsarten nur Mengungen verschiedener Mineralien sind, so können die einzelnen Bestandtheile dieser Mengungen in äusserst weiten Grenzen wechseln und deshalb die verschiedensten Uebergänge einer Felsart in eine andere stattfinden. Gerade diese Uebergänge besonders hervorzuheben und zu verfolgen, ist Aufgabe einer richtigen Behandlung der Lithologie, indem diese Uebergänge oft Blicke in die Anwendung der Naturkräfte thun lassen, welche bei künstlicher Abgrenzung und systematisch genauer Beschreibung uns gänzlich entgehen würden. Bei genauer Beachtung der Typen, welche diesen verschiedenen Uebergängen zu Grunde liegen, bei steter Verfolgung der Uebergänge selbst in ihren Einzelheiten, erlangt indess der praktische Geologe leicht einen sicheren Takt, der ihn nach gewissen empirischen Kennzeichen leitet, so dass er oft auf der Stelle Felsarten erkennt, die ein Anderer nur mühsam durch lange Untersuchungen auseinanderklaubt. Diese Kennzeichen lassen keine wissenschaftliche Classification zu, sie sind meist rein empirisch und oft auf unbedeutende Merkmale begründet, aber so gut wie der Tischler das Holz einer jeden Baumart, der Köhler die Kohlen eines jeden Holzes erkennt, ohne dass diese Leute darum die Bäume, welche die Hölzer oder Kohlen liefern, classificiren könnten, eben so gut muss auch der Geologe durch häufigen Umgang mit den Gesteinen die Felsarten auf der Stelle erkennen können, wenn ihn auch keine wissenschaftlich geordneten Merkmale leiten. §. 165.

Die Structur der Felsarten bietet äusserst wichtige Handhaben zur Unterscheidung und Erkennung derselben. Man kann dieselbe von zwei verschiedenen Gesichtspunkten her beurtheilen, indem man einerseits die Spaltflächen in das Auge fasst, nach welchen die Gesteine beim Zerschlagen mit dem Hammer springen, was wir die Theilungs- §. 166.

structur nennen, oder indem man die Aggregatzustände berücksichtigt, in welchen die einzelnen Elemente und bildenden Merkmale der Felsarten sich befinden.

I. Theilungsstructuren der Felsarten.

1. Die amorphe Structur.

Die Gesteine, welche als eine gleichförmige, homogene Masse erscheinen, gleichen etwa dem Glase oder dem Harze und lassen, wie man sie auch behandeln möge, keine Spur von inneren Bestandtheilen wahrnehmen. Ihr Bruch ist meist muschelig, zuweilen nur sieht man Spuren körniger oder faseriger Absonderung, die indessen niemals vollständig ausgebildet sind. Es sind diese structurlosen Gesteine entweder aus feuerflüssigem Gusse, wie die vulcanischen Gläser, Obsidian und Pechstein, oder aus gallertartigen Massen, die sich allmälig verdichteten, wie z. B. die Feuersteine, hervorgegangen.

2. Die geschichtete Structur.

§. 167. Die meisten Gesteinsmassen, welche aus Sedimentablagerungen hervorgehen, werden durch zwei einander parallele Flächen begrenzt, die im Verhältniss zu der Erstreckung einen sehr geringen Abstand von einander zeigen. Man nennt diese Massen Schichten, und die Trennungsfläche zweier aufeinander liegender Schichten die Schichtungskluft. Die Beobachtung der Lagerung und der Verhältnisse der Schichten zu einander ist, wie schon früher bemerkt wurde, ein wesentlicher Gegenstand der geognostischen Beobachtungen, worauf wir später des Weiteren zurückkommen werden. Hier interessirt uns nur der Einfluss, welchen die Schichtung auf die Structur der Gesteine selbst ausübt. In dieser Beziehung nun treten mannigfache Verschiedenheiten auf; oft sind die Schichten bedeutend mächtig und ihr Inneres so vollkommen compact, dass man Handstücke daraus für Stücke eines vollkommen homogenen Steines nehmen würde; gewöhnlich aber lässt sich in der Disposition und Lagerung der einzelnen Gesteinstheile ein gewisser Parallelismus mit den Schichten wahrnehmen, der dann zuletzt so weit geht, dass die Schichten aus einzelnen dünnen Blättern zusammengesetzt sind, die parallel auf einander lagern. Wenn diese Absonderungsflächen der Schichten sich sehr nahe rücken, so dass endlich dieselben nur aus dünnen Blättern zusammengesetzt sind, so bietet die geschichtete Structur viele Aehnlichkeit dar mit der

3. schiefrigen Structur. §. 168.

In allen Gesteinen, welche diese Structur zeigen, findet sich nur eine einzige Flächenrichtung, nach welcher die Stücke in parallele Blätter auseinander springen. Diese Zerspaltung in stets feinere und feinere Blätter hat in den ächten Schiefern eigentlich gar keine Grenze; so dünn auch die Blättchen sind, in welche man sie theilt, stets lassen sie sich noch in feinere zerlegen, und nur die Zerbrechlichkeit der Blättchen gebietet endlich der weiteren Zerstückelung Halt. Man hat alle Gesteine, welche diese eigenthümliche Structur darbieten, unter dem Namen Phylladen zusammengefasst, und obgleich man diesen Namen auch weiter auf alle Gesteine ausdehnen wollte, die auch nur entfernt schiefrige Structur besitzen, so wird es dennoch besser sein, ihn künftig nur auf Schiefer auszudehnen, die wirklich, wie der Dachschiefer, bis ins Unendliche theilbar sind, während man die schiefrige Structur im Allgemeinen auch Felsarten zuerkennt, welche nur begrenzt theilbar sind.

Auf den Brüchen der Felsarten, welche schiefrige Structur bieten, unterscheidet man schon feine parallele Linien, welche die in dieser Richtung gelegten Spaltflächen anzeigen. Die Blätter selbst, in welche diese Gesteine zerfallen, sind ihrer Natur nach ausserordentlich verschieden; — meistens sind sie parallel und gerade, so dass es leicht hält, die Masse zu spalten; oft aber auch sind sie gewunden in sich gefaltet, und dann hält es oft schwer, die einzelnen Blätter von einander zu trennen. Schieferung und Schichtung, so leicht sie mit einander verwechselt werden können, sind dennoch unabhängig von einander; es kommt nicht selten vor, dass die Schieferungsebene einer Felsart senkrecht auf der Schichtungsebene derselben steht, und häufig selbst überwiegt eine solche abweichende Schieferung dergestalt, dass es schwer hält, die wirkliche Schichtung der Massen im Grossen von ihr zu unterscheiden. Meist bietet die Spaltbarkeit einen sicheren Haltpunkt, indem bei den Schiefern sie bis ins Unendliche fortgeht, während bei den Schichten stets eine gewisse Grenze existirt.

Als eine Abart der schiefrigen Structur kann man die pseudoreguläre Structur ansehen, welche dadurch hervorgebracht wird, dass in einem Gesteine zwei Spaltenrichtungen existiren, wodurch die Ablösungsflächen regelmässige polyedrische Stücke umgrenzen. So trifft man nicht selten dünngeschichtete Kalksteine, in welchen zwei Spaltrichtungen ziemlich regelmässig sich wiederholen, die in schiefen Winkeln einander treffen, und so sich in rhomboidale Tafeln ablösen. Ein Gleiches findet auch oft bei den Dachschiefern statt. Man hat früher auf diese Structur grosses Gewicht gelegt und von vielen Seiten her sie sogar mit der Krystallisation verglichen, obgleich beide Erscheinun-

gen durchaus nichts mit einander gemein haben. Bei der Krystallisation sind die Winkel, unter welchen die Flächen zusammentreffen, durchaus constant und nur sehr leichten, mathematisch bestimmbaren Abweichungen unterworfen, während bei der pseudoregulären Structur diese Winkel durchaus unbeständig sind und die Spaltflächen nie so genau parallel erscheinen, dass ein Stück vollkommen dem anderen gleich wäre.

4. Die flaserige Structur.

§. 169. In vielen Gesteinen liegen die einzelnen Elemente nach gewissen Parallellinien abgelagert, die ihnen fast das Ansehen geben, als seien sie aus einzelnen zusammengeleimten Faden oder Fasern zusammengesetzt. Die einzelnen Elemente sind dann in der Richtung der Fasern gestreckt und in die Länge gezogen, und sehr häufig kann man nachweisen, dass diese Structur davon abhängt, dass die Gesteinsmasse in zähem Znstande, während sie allmälig erkaltete, nach einer bestimmten Richtung hinfloss. Gewöhnlich steht mit dieser flaserigen Structur eine Spaltbarkeit im Zusammenhange, welche parallele Blätter absondert, die dann eine gewisse Aehnlichkeit mit Schichten oder Schieferblättern haben, und in der That geht sie auch allmälig in die eine oder andere dieser Structuren über. Die Existenz dieser Structur deutet immer auf einen ziemlich bedeutenden Druck hin, welcher nicht gleichförmig senkrecht, sondern nach einer bestimmten Richtung hin gewirkt, und auf diese Weise das Strecken und Ausziehen der einzelnen Gesteinselemente bedingt hat. Manche Gneisse und Laven zeigen diese Structur sehr deutlich.

5. Die unbestimmte Structur.

§. 107. Die Spaltflächen haben bei den Felsarten, welche zu dieser Gruppe gehören, von welcher der Granit und der compacte Kalkstein den Typus bilden, durchaus nichts Regelmässiges; — sie kreuzen sich unter allen möglichen Winkeln, und die Stücke, welche aus der Zertrümmerung hervorgehen, zeigen durchaus keine bestimmbare Gestalt.

II. Aggregationsstructuren der Felsarten.

1. Krystallinische Structur.

§. 171. Das ganze Gestein besteht aus einer Ansammlung von Krystallen verschiedener Substanzen, die sich zusammen gebildet haben und deshalb sich wechselseitig durchdringen. Der Typus dieser Structur ist der Granit, eine Zusammensetzung aus drei verschiedenen Substanzen:

Quarz, Feldspath und Glimmer. Alle diese verschiedenen Mineralien haben sich zu gleicher Zeit und mit einander krystallisirt, so dass die Krystalle einander wechselseitig durchdringen und sich gegenseitig in ihrer Entwickelung hemmen. Man findet Blätter von Glimmer, die durch Feldspathkrystalle mitten durchstossen, und andere, welche sich in Quarzpartikeln eingebohrt haben, und im Allgemeinen ist diese wechselseitige Durchdringung so bedeutend, dass die einzelnen Mineralien, die den Granit bilden, oft nur schwer und mit Mühe zu erkennen sind. Diese Anordnung ist aber zugleich ein Beweis, dass die Krystalle sich zu einer und derselben Zeit gebildet und dass nicht die einzelnen Bestandtheile sich erst später nach der Krystallisation zusammengebacken haben; denn in diesem letzteren Falle würde nur eine Juxtaposition, nicht aber ein Ineinanderwachsen der Theile stattgefunden haben. Oefter scheint die eine oder andere der bildenden Substanzen fast amorph im Verhältniss zu einer dritten, welche sich in bedeutenderen Krystallen entwickelt hat, und man unterscheidet hienach mehr oder minder grobkörnige oder feinkörnige Structur des Gesteines.

Zuweilen erscheint die Masse dieser krystallinischen Gesteine in sofern homogen, als die einzelnen Krystalle alle eine ziemlich gleiche Grösse besitzen und den Raum gleichmässig erfüllen; — in anderen Fällen zeigen sich in der Masse mehr oder minder grosse Blasenräume, welche dann meistens durch stärker entwickelte Krystalle, die theils der Grundsubstanz, theils aber auch accessorischen Bestandtheilen angehören, ausgefüllt sind. So können solche Gesteine eine durchgreifend poröse oder zellige Structur erhalten, wie dies namentlich z. B. bei dem sogenannten zuckerartigen Dolomit der Fall ist. Bei der Verwitterung zerfallen die krystallinischen Gesteine in ihre einzelnen Elemente, indem im Durchschnitt als Regel gilt, dass die Krystalle den chemischen und atmosphärischen Agentien besser widerstehen, als die mehr amorphe Grundmasse. So entsteht denn aus den verwitterten krystallinischen Gesteinen gewöhnlich Sand, der nur aus eckigen Fragmenten besteht, und theils die ursprünglichen Krystalle, theils diese Krystalle mehr oder minder zertrümmert enthält.

2. Die Porphyrstructur.

In einer scheinbar amorphen gleichförmigen Grundmasse liegen §. 172.
einzelne Krystalle zerstreut. Diese Krystalle können mehr oder minder entwickelt sein, sie zeigen aber fast immer scharfe Winkel und Flächen und stechen an Grösse bedeutend hervor. Die Grundmasse selbst ist wohl niemals vollkommen gleichförmig und homogen, sondern stets aus Krystallen oder krystallinischen Körpern gebildet, die nur so klein sind, dass sie sich selbst mit schwach bewaffnetem Auge nicht erkennen lassen. Bei den ganz reinen Porphyren lässt sich auch bei stärkeren

Vergrösserungen keine krystallinische Structur der Grundmasse erkennen. Bei den meisten erscheint dieselbe aber mehr oder minder körnig, ohne dass diese Körner, welche unentwickelte Kryställchen darstellen, sich deutlich trennen liessen. Bei stärkerer Entwickelung dieser Krystallisation gehen die Porphyrgesteine allmälig in die krystallinischen Gesteine über. In den reinen Porphyren sind die einzelnen Krystalle, welche in der homogenen Grundmasse zerstreut liegen, gewöhnlich Krystalle derselben Mineralspecies, die sich auch in der Grundmasse finden und die nun stärker entwickelt sind; oft aber kommt es auch vor, dass verschiedene Species von Krystallen in dieser Weise eingesprengt sind. Gewöhnlich werden die Krystalle dicht von der Grundmasse umschlossen, in welcher sie einen Eindruck hinterlassen, in anderen Fällen aber bilden sich leere Räume, so dass nach dieser Seite hin die Porphyrstructur in die folgende übergeht.

3. Die Mandelstructur.

§. 173. In einer homogenen, gleichförmigen oder feinkörnigen Grundmasse sind rundliche oder eiförmige, mit Kernen gefüllte Blasenräume zerstreut, die dem Gesteine etwa das Ansehen eines Rosinenkuchens geben. Gewöhnlich haben diese Kerne eine etwas platte Gestalt, weshalb man sie eben mit Mandeln verglichen hat, und in den meisten Fällen ist ihre Peripherie mit der Grundmasse so verschmolzen, dass sie schwierig davon zu trennen sind. Der Unterschied von der Porphyrstructur besteht wesentlich darin, dass die in der Grundmasse zerstreuten Körner hier rundlich, bei den Porphyren dagegen krystallinisch sind. Es finden sich freilich auch hier Uebergänge, da einerseits die Körner der Mandelgesteine im Inneren wieder mit Krystallen angefüllt sind, oder andererseits die Krystalle der Porphyre sich abgerundet haben und keine scharfen Ecken mehr zeigen, so dass man zuweilen Gesteine trifft, welche an einem Orte Porphyre sind und in ihrer weiteren Erstreckung in Mandelgesteine umsetzen. Man hat bei den Mandelgesteinen, je nach dem scheinbaren Ursprung der Mandeln, verschiedene Untergattungen aufzustellen versucht. So hat man Mandelgesteine mit gleichzeitigen Kernen unterschieden, wo die Kerne zu gleicher Zeit mit der Grundmasse gebildet erscheinen, in deren Inneren sie eigentlich nur härtere Knoten bilden. Oft erscheint die Masse dieser Knoten von derjenigen der Grundsubstanz nicht verschieden, in den meisten Fällen aber hat sich durch ein besonderes Wirken der Attraction ein Theil der Grundmasse in dem Gesteine, während es noch weich war, zusammengefunden und bildet nun Kugeln oder sphäroidische Concretionen in ähnlicher Weise, wie in feingemahlenen und gleichförmig gemengten Massen, die zur Fertigung von Porcellan z. B. bestimmt sind, die Kieselerde auch, bei längerem Lagern, sich zu knolligen Concretionen zu-

sammenfindet. Die Concretionen selbst sind meistens knollig oder kugelig und zuweilen mehr oder minder platt gedrückt. In anderen Mandelgesteinen erscheinen die Kerne offenbar als späteren Ursprungs. Die Grundsubstanz dieser Gesteine ist blasig oder zellig gewesen, und in diese Zellen hat sich dann später, wie es scheint, eine andere Substanz einfiltrirt, welche die Kerne selbst bildet. Zuweilen scheint diese Substanz nach und nach von Aussen herein geführt; — in anderen Fällen aber mag sie wohl das Product einer theilweisen Umsetzung und Structurveränderung des Gesteins selbst sein. Die Mandeln dieser Art erscheinen bald compact und in ihrer ganzen Masse durchaus homogen, bald aus concentrischen Schalen gebildet, die indessen doch eine dichte Masse bilden, bald wieder im Inneren ganz oder theilweise hohl und dann gewöhnlich mit Krystallen erfüllt. Im letzteren Falle nennt man sie gewöhnlich Geoden, und die Structur dieser Geoden stellt sich meistens in der Art dar, dass aussen herum concentrische Lagen sich zeigen und im Inneren die Krystalle oder die Blätter der eingedrungenen Mineralsubstanz nach einem gewissen Punkte hingerichtet sind, der der Infiltrationspunkt genannt wird, und von welchem aus die mineralische Substanz, welche krystallisirte, den ursprünglichen Blasenraum erfüllt zu haben scheint.

4. Die Oolithstructur.

§. 174. Das Gestein besteht fast gänzlich aus kleinen kugelförmigen Körnern, die man mit Fischrogen oder Caviar verglichen hat und die durch sehr wenige Grundmasse zu einem festen Gesteine zusammengebacken sind. Die Grundmasse erscheint gewöhnlich im Verhältniss zu den Körnchen sehr gering, so dass diese sich gegenseitig berühren und nur die Zwischenräume der Kügelchen durch die Grundmasse ausgefüllt sind. Gewöhnlich erscheinen die Kügelchen compact, gleichförmig in ihrem Inneren, oder auch aus concentrischen Schalen zusammengesetzt, und in den gewöhnlichen Oolithen, die namentlich im Jura in grosser Ausdehnung vorkommen, übersteigt ihre Grösse wohl selten die eines starken Schrotes. Man hat unter dem Namen Pisolithe oder Erbsensteine Gesteine unterscheiden wollen, in welchen die einzelnen Kügelchen die Grösse einer Erbse oder selbst Bohne erlangen. Es finden sich indess in der Grösse der Körnchen die mannigfaltigsten Uebergänge, und die Erbsensteine wieder bieten Uebergänge zu Gesteinen dar, welche aus noch grösseren kugeligen Massen zusammengesetzt sind, und deren Structur man deshalb unter dem Namen der sphäroidischen unterscheiden wollte. Während die Oolithe hauptsächlich in Sedimentablagerungen und namentlich bei Kalksteinen vorkommen, sehen wir die sphäroidische Structur mehr bei plutonischen Gesteinen entwickelt und wahrscheinlich als eine Folge der allmäligen

Abkühlung ausgebildet. So sieht man an vielen Basalten, Grünsteinen, Porphyren und Graniten diese Kugelstructur, wodurch das Gestein in sphäroidische Massen zerfällt, deren Durchmesser von einem halben Zoll bis zu mehreren Fussen wechselt, in demselben Gesteine aber meistens eine annähernd gleiche Grösse beibehält. Der Kugeldiorit von Corsica, der Kugelporphyr (Pyromerid), ebenfalls von Corsica, der Kugelgranit vom Kynast bei Warmbrunn in Schlesien bieten Beispiele solcher sphäroidischer Structur dar, die allgemein bekannt sind. Unter dem Namen Varioliten hat man besonders diejenigen Gesteine bezeichnet, bei welchen die sphäroidischen Absonderungen mit der Grundmasse so zusammengeflossen sind, dass es schwer hält, eine Grenze zu ziehen.

5. Die Schlackenstructur.

§. 175. Wenn die Mandelstructur auf der einen Seite durch Häufung der in ihrer Grundmasse abgelagerten Kerne in die oolithische und sphäroidische Structur übergehen kann, so zeigen sich auf der anderen Seite mannigfaltige Transitionen zu derjenigen Structur, welche gewöhnlich die in feuerflüssigem Zustande gewesenen Massen auszeichnet. Alle Gesteine dieser Art haben eine amorphe oder flaserig gestreckte Grundmasse, in welcher Blasenräume ausgebildet sind, die gewöhnlich in der Richtung des Flusses der Masse verschoben und verzogen erscheinen. Hinsichtlich der Porosität finden sich selbst die mannigfaltigsten Bildungsstufen von fast vollständig compactem Gesteine bis zur vollkommen porösen Masse, wie der Bimsstein und die vulcanische Asche. Gewöhnlich sind die Blasenräume leer, zuweilen aber füllen sie sich bei alten Massen dieser Art nach und nach mit Krystallen an, die grösstentheils der Gruppe der Zeolithe angehören, und die offenbar aus der allmäligen Zersetzung der Masse selbst hervorgehen und secundäre Verwitterungsproducte derselben sind.

Die verschiedenen Structuren, welche wir bis jetzt beobachteten, gehen häufig in einander über, weshalb man denn auch granitische und porphyrische Mandelgesteine, porphyrische Granite und Laven hin und wieder unterschieden hat, ohne dass indess genaue Grenzen anzugeben wären, an welchen sich diese einzelnen Structuren schieden.

6. Die gebänderte Structur.

§. 176. In den Gesteinen, welche diese Structur bieten, sieht man Bänder von verschiedener Farbe meist parallel untereinander geordnet, deren Grenzen nicht durch Absonderungsflächen von einander getrennt sind, sondern mit einander verschwimmen, so dass die Grundmasse des Gesteines dennoch homogen erscheint. Manchmal werden diese Grenzen

deutlicher, die einzelnen Lagen schärfer von einander getrennt und die Grundmasse dann mehr oder minder krystallinisch, so dass diese Bänderstructur, welche in den Agathen am meisten ausgebildet ist, nach und nach in die flaserige Structur des Gneises übergehen kann. In anderen Fällen laufen die Streifen von verschiedener Farbe nicht parallel, sondern kreuzen sich unter verschiedenen Winkeln, so dass compactere Kerne zu existiren scheinen, um welche die Bänderstreifen herumgehen, und von denen nach allen Richtungen Fortsätze ausgesendet werden, die gleichsam ein Netz bilden, dessen Maschen durch Substanzen verschiedener Farbe ausgefüllt sind. Der gewöhnliche oder falsche Marmor bietet das beste Beispiel einer solchen durchflochtenen Structur dar, die dann manchmal sich in der Weise ausbildet, dass die Kerne wirklich sich absondern und aus anderer Masse bestehen, als die Bänder, welche sich zwischen ihnen durchziehen. So findet man namentlich in den Uebergangsformationen viele Gesteine, wo zwischen mannigfaltig hin- und hergewundenen Blättern schieferartiger Gesteine Wülste oder Trümmer von Kalk oder Kiesel liegen, welche die Ausfüllung der Netzmaschen darstellen.

7. Die Sandsteinstructur.

Körner von mehr oder minder bedeutender Grösse sind durch eine §. 177.
davon verschiedene Grundmassse zusammen zu einem Ganzen verklebt. Hier können sich die verschiedensten Verhältnisse zusammenfinden; immer aber bleibt der Hauptcharakter, dass die Körner vorher lose existirten, und dass sie später erst durch eine verbindende Masse, einen förmlichen Mörtel, zu einem Ganzen zusammengebacken wurden. Bei grossen, mehr oder minder runden Körnern nennt man diese Gesteine Puddinge, ein Name, dessen malerische Richtigkeit nicht in Abrede zu stellen ist. Es giebt Puddinge oder Conglomerate, wo die eingebackenen runden Körper bis zu einem Meter und mehr Durchmesser haben; andere, wo die Körper nur so gross wie Hanfkörner sind; bei einigen ist die Bindemasse krystallinisch, bei anderen mehr homogen. Sind die eingebackenen Stücke eckig, so heissen die Gesteine Breccien; endlich, wenn die Körper förmliche Sandkörner sind, fast alle von gleicher Grösse, so heissen die Gesteine Sandsteine. Es finden sich alle möglichen Uebergänge von den feinkörnigsten Sandsteinen zu den gröbsten Conglomeraten und von dem losesten Sande bis zu dem festesten Sandsteine, und diese letzteren Uebergänge sind einzig und allein in der Festigkeit der Bindemasse begründet; diese ist bald sehr weich, incohärent und leicht verwitternd, in anderen Fällen wieder sehr hart und fest. Jedenfalls bleibt der eigenthümliche Charakter der Sandsteine darin begründet, dass, wie auch Körner und Bindemassen sich verhalten

mögen, erstere vorher lose waren und erst später durch die Bindemasse zu einem Ganzen vereinigt wurden.

8. Die Mergelstructur.

§. 178. Alle Felsarten, welche eine durchaus gleichförmige Masse darbieten und mit Wasser gemengt einen knetbaren Teig bilden, gehören in diese Gruppe. Diese Gesteine oder Erdarten enthalten meist viel Thonerde in ihrer Zusammensetzung, und gerade dieser Gehalt an Thonerde ist es, der ihnen die Fähigkeit verleiht, einen knetbaren Teig zu bilden.

Specielle Beschreibung der Felsarten.

1. Granitische Gesteine.

§. 179. Der Granit besteht aus drei verschiedenen, meist deutlich von einander getrennten Mineralien, deren Reihe nach der Menge geordnet in folgender Weise sich stellt: Feldspath, Quarz und Glimmer. Der Feldspath bildet in gewöhnlichen Graniten mehr als die Hälfte der ganzen Masse. Der Quarz ist als Grundmasse zwischen den Feldspathkrystallen ausgebildet, und der Glimmer, obgleich er meist nur in geringer Menge darin vorkommt und namentlich dem Gewichte nach sehr wenig ausmacht, fällt dennoch meist sogleich beim ersten Blicke auf, weil er in sehr dünnen, glänzenden und schimmernden Blättchen abgelagert ist.

Der Feldspath findet sich in dem Granite krystallisirt als gewöhnlicher Kalifeldspath oder Orthoklas. Zuweilen kommt auch Albit oder Oligoklas vor, und manchmal finden sich diese verschiedenen Varietäten des Feldspathes zusammen in demselben Granite und in der Weise mit einander combinirt vor, dass die Orthoklaskrystalle von dem anderen Feldspathe wie von einer dünnen Schale eingehüllt sind. Die Grösse der Körner und Krystalle des Feldspaths ist sehr verschieden; im gewöhnlichen Granite übersteigt sie selten einen Centimeter, während im grobkörnigen Granite die Dimension ungemein anwachsen kann. In entgegengesetzter Richtung werden die Körner und Krystalle oft so klein, dass die Feldspathmasse fast gleichförmig erscheint und der Granit dann eine porphyrartige Structur erhält. Gewöhnlich scheiden sich dann aus dieser Grundmasse einzelne grössere Orthoklaskrystalle aus, welche dann meistens Zwillingskrystalle darstellen und ohne Regel in der Grundmasse zerstreut liegen. Solche porphyrartige Granite werden zuweilen porös und zeigen dann Drusen, auf deren Wänden der Feldspath, der Quarz und manche zufällige Bestandtheile des

Granites in schönen Krystallen ausgebildet sind. Die Farbe des Granites im Ganzen hängt von der Färbung des Feldspathes ab, die selbst wieder durch Beimengung kleiner Quantitäten verschiedener Metalloxyde bedingt ist. Gewöhnlich ist diese Farbe mattweiss, bald mehr ins Grauliche und Schwärzliche, bald mehr ins Röthliche spielend, und namentlich letztere Farbe ist besonders zu Bauten vorzugsweise gesucht. Nur selten kommen Granite mit blaulichem, gelblichem, grünem oder ziegelrothem Feldspathe vor.

Der Quarz ist meistens weiss, selten gelblich, graulich oder grünlich, und aus mehr oder minder dicken krystallinischen Körnern zusammengeballt, die durch ihren muscheligen Bruch, ihren Fettglanz und ihre völlige Unschmelzbarkeit sich gewöhnlich ziemlich leicht von dem mehr krystallinischen Feldspathe unterscheiden lassen. Im Allgemeinen erscheint der Quarz als derjenige Bestandtheil, welcher sich in dem Granite zuletzt ausgeschieden hat, und der deshalb in mehr ungestalteten Massen die anderen Bestandtheile umschliesst; doch giebt es auch grobkörnige Granite, wo die Quarzkrystalle bisweilen zu einer bedeutenden Grösse anwachsen.

Der Glimmer kommt gewiss in zwei verschiedenen Formen, als eigentlicher Kaliglimmer und als Magnesiaglimmer (Lepidolith) vor und bildet gewöhnlich kleine Blättchen oder Schuppen, die in den grobkörnigen Graniten oft zu bedeutenden Platten anwachsen. Die Farbe des Glimmers ist äusserst verschieden, gewöhnlich zwar mattweiss, oft aber auch grünlich, gelblich, bräunlich oder schwärzlich und in den letzteren Fällen bieten dann die einzelnen Glimmerblättchen oft einen schönen Contrast gegen die heller gefärbte Grundmasse dar.

Die in den Granit eingesprengten Mineralien sind äusserst mannigfaltig und erscheinen bald als mehr accessorische Bestandtheile, bald auch in solcher Weise, dass sie den einen oder den anderen Bestandtheil des Granites mehr oder minder verdrängen und dadurch Uebergänge zu anderen Felsarten herbeiführen. So kommt sehr häufig Talk vor, welcher den Glimmer ganz oder theilweise ersetzt; — und in anderen Fällen übernimmt Hornblende oder Chlorit diese Rolle. Als mehr eingesprengte Mineralien sind besonders Granat, Turmalin, Schörl, Topas, Magneteisen und Zinnerz zu nennen. Einzelne Granite, wie z. B. der vom St. Gotthard oder von Norwegen, bieten in ihren Spalten, Gängen und Nestern eine wahre Fundgrube mannigfaltiger und zuweilen sehr seltener Mineralien dar.

Der Widerstand der Granite gegen die äusseren atmosphärischen Einflüsse ist ausserordentlich verschieden und der Grund dieser Verschiedenheit noch nicht genügend aufgeklärt, obgleich man im Allgemeinen annehmen kann, dass grobkörnige Granite viel leichter verwit-

tern als feinkörnige. Von dieser Verwitterbarkeit hängt hauptsächlich die Benutzung des Granites als Baumaterial ab, als welches die festen grauen oder rosenfarbenen Granite, die eine schöne Politur annehmen, am meisten gesucht sind. Die schwierige Bearbeitung des Gesteines macht indessen denselben verhältnissmässig sehr theuer.

Der Granit bildet bedeutende Strecken auf der Erdoberfläche und zeigt sich dann meist in Form wellenförmiger Hügel oder mittelhoher Berge, deren Abhänge gewöhnlich durch die Verwitterung sanfter erscheinen, als sie ursprünglich waren. In vielen Gegenden erscheint der Granit so compact, dass es möglich ist, Stücke von jeglicher Grösse daraus zu gewinnen. In den meisten Fällen aber lässt er, trotz dieser Gleichförmigkeit seiner inneren Masse, eine gewisse schalige Structur erkennen, die vielleicht nur durch die Abkühlung bedingt ist und bei welcher die inneren Ablösungsflächen in einer gewissen Beziehung zu der abgerundeten Form der Oberfläche stehen. Diese Schalenstructur ist namentlich an den Graniten der scandinavischen Halbinsel auffallend entwickelt, sie kommt indessen auch in Cornwallis, im Odenwalde und an manchen Orten der Centralalpen vor. Die Granitberge erscheinen dann als gewaltige Ellipsoiden und die äussersten Schalen sind oft zertrümmert und zersprengt durch die bei der Abkühlung stattgefundene Zusammenziehung. Gesellt sich nun hierzu eine grössere Verwitterbarkeit, so zerfallen die Schalen bis in eine gewisse Tiefe in einen lockeren Grus oder Sand, während einzelne festere Stücke der Schalen übrig bleiben und als gewaltige Blöcke theils in dem Gruse liegen, theils über denselben hervorragen. An solchen Stellen nun, wo der Grus durch das Wasser weggeführt wird, bleiben dann die härteren Stücke der Ellipsoidschalen liegen und bilden auf diese Weise die sogenannten Felsenmeere oder Teufelsmühlen. Der Cheeswring bei Liskeard in Cornwallis (Fig. 56) bietet ein ausgezeichnetes Beispiel einer solchen Verwitterung dar, bei welcher die umgebenden Partien weggeführt und eine Reihe von Schalenstücken senkrecht auf einander gethürmt übrig geblieben sind.

Ausser dieser schalenförmigen Absonderung im Grossen sieht man, wie schon früher bemerkt, bei dem Granit auch kugelförmige Absonderungen, wo dann die einzelnen härteren sphäroidischen Massen oder Kerne an den verwitternden Wänden wie Kanonenkugeln hervorstehen. In anderen Fällen sieht man säulenförmige oder plattenförmige Absonderungen, doch kommen diese hauptsächlich nur an solchen Orten vor, wo der Granit in dünnen Gängen zwischen Massen eingelagert ist, die eine schnellere Erkaltung herbeiführen mussten. Die kühnen Bergformen mit hohen spitzen Nadeln und tief eingerissenen Schluchten, welche besonders in den Alpen und Pyrenäen vorkommen, sind weniger dem Granite, als vielmehr vorzugsweise den gneissartigen

Gesteinen zuzuschreiben, welche tafelförmige oder schiefrige Absonderungsflächen zeigen.

Fig. 56.



Der Cheeswring bei Liskeard in Cornwallis.

Sobald der Granit ein schiefriges oder auch nur gebändertes Ansehen annimmt, so erhält er den Namen Gneiss. Man kann wohl sagen, dass in dem Gneisse der Glimmer meist mehr hervortritt, als in dem Granite; dies mag aber zum grossen Theil auch auf dem Umstande beruhen, dass die Glimmerblättchen meist in einer bestimmten Ebene gelagert und in der Masse des Gesteins nach parallelen Linien geordnet sind, so dass sie auf dem Bruche mehr hervortreten. Vielleicht ist auch im Allgemeinen das Korn des Gneisses feiner, als dasjenige des Granites; — im Uebrigen aber ist die Zusammensetzung in mineralogischer Hinsicht durchaus die nämliche und an kleineren Handstücken, wo die parallele Spaltbarkeit oder die gebänderte Structur nicht hervortritt, der Gneiss vom Granite gar nicht zu unterscheiden. Deshalb gehen auch die Varietäten und Uebergänge beider Felsarten in anderen Formen Hand in Hand, und man findet stets diese oder jene Abart des Granites auch in dem Gneisse entwickelt. Oft auch ist es durchaus un- §. 180.

möglich, einen Unterschied zwischen den grossen Trennungslinien des Granites und dem schiefrig werdenden Gneisse zu finden, und die Grenze zu bestimmen, wo der eine anfängt, der andere aufhört. In anderen Fällen ist dies wiederum leicht, und es kommt nicht selten vor, dass Granitgänge in Gneiss eingesprengt sind, die mit vollkommen abgesetzten Rändern einander berühren und leicht durch ihre verschiedene Textur von einander unterschieden werden können.

Die Absonderungsflächen des Gneisses sind zuweilen stengelig, so dass er sich förmlich in einzelne Lappen spalten lässt, meistens aber sind sie rein schiefrig, wobei dann der Glimmer so überhand nimmt, dass eine Grenzlinie zwischen den Glimmerschiefern und dem Gneisse wirklich nicht zu stecken ist. Die eingesprengten Mineralien sind dieselben wie in dem Granite, nur kommen sie im Verhältniss noch häufiger vor und ebenso häufig finden sich die Uebergänge aus dem Gneisse in andere Gesteine durch allmäliges Wegfallen oder Verdrängen des einen oder anderen Bestandtheiles. Die Gestalten der Gneissgebirge sind gewöhnlich zackig, mehr oder minder rauh, mit spitzen Nadeln und seltsamen Kämmen, was dadurch hervorgebracht wird, dass durch die Verwitterung einzelne Platten des Gesteines stärker angegriffen werden als andere. Besonders der Erwähnung werth ist noch der Umstand, dass in einzelnen Fällen in dem Gneisse Fragmente von anderen Gesteinen und sogar Rollsteine gefunden worden sind, aus welchen hervorzugehen scheint, dass an vielen Stellen der Gneiss nicht ursprünglich existirte, sondern aus der Metamorphose anderweitiger Sedimentablagerungen hervorgegangen ist. An einigen Stellen scheinen sogar Anzeichen vorhanden, dass in solchem schiefrigen Gneisse Versteinerungen vorhanden waren, und es wird dadurch die Ansicht mehr und mehr wahrscheinlich, wonach grosse Massen ächten Gneisses und selbst Granites wirklich als eine metamorphische Steinart zu betrachten sind.

§. 181. Mit dem Granit und dem Gneiss steht in nächster Verbindung dasjenige Gestein, welches man Protogin genannt hat und welches am ausgezeichnetsten in den Centralalpen an dem Massiv des Montblanc vorkommt. Der Name bezieht sich darauf, dass man zur Zeit, als dieses Gestein zuerst bekannt wurde, der Ansicht huldigte, die Alpen mit ihrem Hauptstocke, dem Montblanc, seien das älteste Gebirg der Erde. Der wesentliche Unterschied der Protogine besteht darin, dass ein Theil des Glimmers durch Talk ersetzt ist, der gewöhnlich ein grünes Ansehen hat und dem Gesteine ein fettiges Anfühlen und Glänzen giebt. Da nun ausserdem der Feldspath der Protogine gewöhnlich aus zwei Varietäten besteht, aus Orthoklas und Oligoklas, so ist die ursprüngliche Zusammensetzung der Masse reicher als diejenige des Granites, indem man fünf constituirende Bestandtheile unterscheiden kann, zwei Feldspathe, Orthoklas und Oligoklas, Quarz, grünen Glimmer und grünen Talk, die beide durch Eisenoxydul gefärbt sind. Im Uebrigen findet

man in derselben Weise wie beim Granit und beim Gneisse alle Uebergänge aus dem reinen granitischen Protogine in vollständig schiefrige Massen, welche ihrer gebänderten Structur wegen von Saussure zur Zeit Adergranit (*Granite veiné*) genannt wurden. Die granitischen Massen bilden den Gipfel des Montblancs und den eigentlichen Hauptstock dieses Gebirges, während die schiefrigen Protogine mehr in der Umgebung des Hauptstockes entwickelt sind und nach und nach in ächte schiefrige Gesteine, namentlich Talkschiefer, übergehen.

Bei genauerer Betrachtung des Granites und derjenigen Gesteine, §. 182.
welche mit ihm in nächster Verwandtschaft stehen, fällt namentlich ein Umstand auf, dessen wir schon oben erwähnten und dessen genauere Betrachtung von der grössten Wichtigkeit für die Ansicht ist, welche man sich über die Entstehung des Granites überhaupt machen kann. Im Allgemeinen steht es fest, dass die verschiedenen Bestandtheile dieser Gesteine etwa zu gleicher Zeit sich in derjenigen Gestalt consolidirten, welche sie jetzt in der krystallinischen Masse haben; will man aber eine Zeitfolge der Krystallisation festsetzen, so würde diese etwa folgende Reihen bieten: Feldspath, Glimmer, Quarz; so dass demnach der Quarz derjenige Bestandtheil wäre, welcher am letzten den flüssigen Zustand gegen den festen ausgetauscht hätte. In Beziehung auf viele eingesprengte Mineralien findet dieselbe Reihenfolge statt, und man findet viele grobkörnige Granite, in welchen grosse Krystalle von Turmalin oder Schörl von körnigem Quarz so umgeben sind, dass sie überall ihre Eindrücke in demselben hinterlassen haben, ja man findet sogar nicht selten Handstöcke, in welchen zerbrochene Turmalinkrystalle durch Quarz wieder zusammengeleimt sind, der in alle Bruchecken und Spältchen des Krystalls eindrang. Nun steht aber diese Reihenfolge des Festwerdens in directem Gegensatz zu der Schmelzbarkeit der genannten Mineralien, indem Feldspath, Turmalin, Glimmer ziemlich leicht schmelzen, während der Quarz kaum in der grössten Hitze, die wir erzeugen können, flüssig wird. Man würde deshalb glauben können, dass das Gemenge der Mineralien, welche den Granit zusammensetzen, sich viel mehr aus einer wässerigen Lösung, als aus einem feurigen Flusse niedergeschlagen haben müsste, indem in dem letzteren Falle bei dem allmäligen Erkalten der Masse der Quarz schon längst hätte krystallisirt sein müssen, wenn die anderen Bestandtheile noch flüssig waren. Andererseits lassen die geologischen Erscheinungen kaum einen Zweifel darüber, dass die meisten Granite in feurigem Flusse oder doch wenigstens in breiigem, durch Hitze bedingtem Zustande sich befanden. Man suchte den Contrast, der zwischen diesen Thatsachen liegt, in der Weise zu vermitteln, dass man annahm, die Kieselerde bedürfe zwar einer ungeheuren Temperatur (etwa 2800 Grad) zum Schmelzen, bleibe aber dann, auch wenn die Temperatur bedeutend unter diesen Schmelzpunkt herabsinke, dennoch in einem

halbweichen Zustande, welcher den übrigen leichter schmelzbaren Mineralien gestatte, mehr oder minder ungehemmt zu krystallisiren. Indessen ist doch der Unterschied, welcher zwischen dem Schmelzpunkte des Quarzes und demjenigen des Feldspathes existirt, viel zu bedeutend, als dass man diese Erklärung ohne Weiteres annehmen könnte, und es ist deshalb wahrscheinlich, dass noch eine weitere Eigenschaft der Kieselerde zu Hülfe genommen werden müsse, nämlich ihre Löslichkeit in Wasser, sobald dieses unter einem Drucke von 10—12 Atmosphären weit über seinen Siedepunkt hinaus erhitzt worden ist. Es gelingt auf diese Weise, Kieselerde zu einer gallertartigen Masse aufzulösen, welche sich dann beim allmäligen Erkalten des Wassers in Krystallen niederschlägt. Nun enthalten die meisten Gesteine und auch die, welche offenbar in feurigem Flusse gewesen sind, wie z. B. die Laven, noch immer eine ziemliche Quantität von Wasser, und Professor Scheerer in Christiania hat nachgewiesen, dass das Wasser in gewissen Fällen als Basis auftreten und namentlich die Magnesia oder Talkerde vollständig ersetzen kann. Zur Ersetzung eines Atoms Magnesia gehören in diesem Falle drei Atome Wasser, das durch keine Glühhitze ausgetrieben werden kann. Dieses Wasser, welches in allen Graniten, wenn auch in kleiner Menge, enthalten ist, scheint nun neben der Hitze, in welcher diese Gesteine sich bildeten, insofern eine wesentliche Rolle gespielt zu haben, als durch seine Gegenwart dem Quarz eine Löslichkeit gegeben wurde, die er ohne das Wasser nicht gehabt haben würde. Diese Ansicht wird noch durch die in dem vorigen Capitel erwähnte Thatsache bekräftigt, wonach im Inneren der Erdkruste eine untere Wassergrenze existiren muss, oberhalb welcher das Wasser in dampfförmigem Zustande zwar vorhanden ist, aber des bedeutenden Druckes wegen eine sehr hohe Temperatur besitzen muss, so dass im Inneren der Erdkruste ganz ähnliche Verhältnisse obwalten, wie in dem Papin'schen Topfe, in welchem man die Kieselerde in überhitztem Wasser auflöst.

§. 183. Die Uebergänge der granitischen Gesteine in andere Massen sind äusserst zahlreich und nach verschiedenen Richtungen ausgebildet, indem einerseits gewisse Bestandtheile durch andere ersetzt werden, andererseits Bestandtheile gänzlich nach und nach verloren gehen, wodurch dann das Gemenge ein einfacheres wird. Eine sehr häufige Degradation des Granites besteht darin, dass zuerst der Glimmer und dann auch nach und nach der Quarz zu Grunde geht, so dass bei der letzten Stufe dieser Degradation das Gestein einzig nur noch aus Feldspath gebildet ist. Der Weissstein (Leptinit, Felsit, körniger Feldspath) besteht aus einer weisslichen oder gelblichen, zuweilen auch röthlichen Masse, die bei den ausgezeichnetsten Varietäten gleichförmig körnig ist und einen muscheligen Bruch zeigt. Die Zusammensetzung aus blossem Feldspath in der beschriebenen Art ist indess ziemlich selten, und meistens findet sich in der Masse noch Quarz, der sehr dünne

Lamellen bildet, die krystallähnlich glänzen und gewöhnlich in horizontalen Lagern vertheilt sind. Nimmt der Quarz etwas mehr zu, so werden diese Lager der Lamellen immer deutlicher, und endlich entwickelt sich daraus eine so deutlich schiefrige Structur, dass manche Forscher den Weissstein als ein deutlich geschichtetes Gestein bezeichnen. Mit dem Quarze zu gleicher Zeit entwickeln sich rothe Granaten, die indess meist nur klein bleiben, oft aber so reichlich in dem Gesteine eingesprengt sind, dass man dieses als einen Porphyr mit Granatkrystallen bezeichnen könnte. Das bis zu diesem Punkte ausgebildete Gestein, welches gewöhnlich sehr erzreich ist und namentlich in Sachsen sich entwickelt zeigt, wird dann auch mit dem Namen Granulit bezeichnet. Durch Aufnahme von Glimmer geht es begreiflicher Weise leicht in Gneiss über.

In anderen Fällen nimmt bei dem Verluste des Glimmers in den granitischen Gesteinen der Quarz etwas mehr zu, so dass ein compactes feinkörniges Gestein gebildet wird, welches unter dem Löthrohre zu einem weissen matten Glase schmilzt, und das man deshalb Eurit genannt hat. Die Grenze zwischen diesem Gesteine und dem Granite einerseits, wie dem Weisssteine andererseits, ist äusserst schwer zu ziehen.

Durch die Vergrösserung der einzelnen Elemente unterscheiden §. 184.
sich die grobkörnigen Granite wesentlich von den gewöhnlichen Graniten, indem die Vergrösserung einzelner Bestandtheile fast gar keine Grenzen zu haben scheint. Die Quarzkrystalle in solchen Graniten werden nicht nur zolllang, sondern zuweilen selbst centnerschwer; der Feldspath in seiner Vergrösserung erreicht ganz unglaubliche Dimensionen, so zwar, dass ein Steinbruch in Miask in einem einzigen Feldspathkrystall angelegt ist. Der Glimmer dehnt sich oft zu fusslangen und bedeutend dicken Tafeln aus, wie dies die bekannten Glimmerscheiben aus den sibirischen Graniten beweisen. Im Allgemeinen scheint in diesen grobkörnigen Graniten, worin aber meist nur ein Bestandtheil vorzugsweise auf Kosten der übrigen entwickelt ist, der Feldspath in einem abweichenden Verhältniss sich zu befinden; er hat wenigstens meistens ein weit glänzenderes Aussehen, als in den gewöhnlichen Graniten und Gneissen. Man kann verschiedene Unterarten dieses grobkörnigen Granites unterscheiden, je nach der Anordnung der Bestandtheile oder dem Aggregationszustande und dem quantitativen Verhältnisse, in welchem sie sich befinden.

In dem Schriftgranit (Pegmatit), Aplit oder Judenstein, ver- §. 185.
schwindet der Glimmer durchaus oder erscheint nur in einzelnen Klumpen abgelagert. Der Judenstein selbst bildet stets nur untergeordnete Partien, Gänge und Nester, die in grobkörnigen Graniten oder Gneissen entwickelt sind und sich durch die eigenthümliche Anordnung des Feldspathes und des Quarzes auszeichnen. Die Grundmasse des Gesteines ist bald homogen, bald aus Feldspathlamellen zusammengesetzt, welche

parallel mit einander gelagert sind. In dieser Masse bildet nun der Feldspath grosse Krystalle, die aber in ihrem Inneren nicht aus Feldspath, sondern aus Quarz bestehen, der zwar stengelig krystallisirt ist, dessen einzelne Krystalle aber stets verzerrt, verkrüppelt und durch gestreifte parallele Zusammensetzungsflächen begrenzt sind. Da die Quarzlamellen die Spaltungsflächen der Feldspathe unter bestimmten Winkeln schneiden, so heben sich Quarz und Feldspathkrystalle auf dem Bruche in Form seltsam schraffirter Figuren hervor, die einigermaassen an hebräische Schrift erinnern. Der Pegmatit enthält gewöhnlich sehr viele Mineralien eingesprengt; die Farbe seines Feldspathes ist meist weisslich, gelb oder braun, die des Quarzes grau, so dass sich die von beiden gebildeten Figuren oft schroff gegen einander abheben. Zuweilen verschwindet auch der Quarz in dem Schriftgranite und dann bleibt nur Feldspath übrig, welcher gewöhnlich eine blätterige Structur hat.

§. 186. Unter gewissen Umständen zersetzen sich manche Granite, Weisssteine und auch Porphyre in eine weissliche, ins Rothe, Gelbe oder Grüne spielende Thonmasse, die matt, zerreiblich und abfärbend ist, sich mager anfühlt, an der Zunge klebt, sich nur schwer mit Wasser zu einem Teige kneten lässt und fast unschmelzbar ist. Diese Masse ist Kaolin oder Porcellanthon, der erdige Feldspath. Der Feldspath des Granites hat sich hier unter dem Einflusse der atmosphärischen Agentien so umgewandelt, dass ein leicht lösliches Kalisilicat gebildet wurde, welches weggeführt ist, und ein wasserhaltiges Silicat von Thonerde mit Ueberschuss von Kieselerde zurückbleibt, welches in heftiger Hitze sich halb verglast und so das Porcellan darstellt. Der Kaolin findet sich stets an der Aussenseite gewisser Granit- und Porphyr-Ablagerungen und seine Lager zeigen oft eine bedeutende Mächtigkeit, indem die Verwitterung, welche ihn bildete, sich weit in die Tiefe fortgesetzt hat. Als Hinweisung auf die Gesteine, aus welchen er entstand, findet sich immer Quarz und Glimmer dem Kaolin lose beigemengt. Die reichsten Lagerstätten guten, zur Verfertigung des Porcellans tauglichen Kaolins finden sich bei Meissen, Altenburg und Schneeberg in Sachsen, in der Nähe von St. Grieix bei Limoges in Frankreich, bei Karlsbad in Böhmen, bei St. Stephans und St. Austel in Cornwallis.

§. 187. Bei den gewöhnlichsten Degradationen der Granite behalten die feldspathigen Bestandtheile das Uebergewicht. Es giebt indessen auch Fälle, in welchen gerade der Feldspath zurücktritt und statt seiner der Quarz das Uebergewicht erhält und die Grundmasse bildet, in welcher die übrigen Bestandtheile des Gesteines eingelagert sind. Es wird auf diese Weise oft zweifelhaft, ob man das Gestein zu den granitischen oder vielmehr zu den Quarzgesteinen zählen müsse, da der Hauptbestandtheil Quarz ist; indessen dürfte es am besten sein, diese Gesteine den Graniten anzureihen, da sie mit diesen gleichen Ursprung haben, und als Quarzgesteine nur diejenigen zu bezeichnen, welche aus sedi-

mentärer Ablagerung hervorgegangen sind. Eine Degradation in diesem Sinne bildet der Greisen oder Hyalomicte, ein meist hellgraues, grobkörniges Gestein, welches vorzüglich aus grobkörnigem Quarze besteht, in welchen wenig gelber oder grüngelber Glimmer eingesprengt ist. Der Greisen ist zuweilen durchaus massiv, zuweilen gebändert oder schiefrig, und in Erzgebirge bei Altenberg, in Zinnwald, bei Schlackenwalde in Böhmen und in Cornwallis entwickelt, wo er meistens reich an Zinnerz ist. Durch Aufnahme von Feldspath geht er allmälig in Granit über.

Der Schörlfels (Hyalotourmalite, Schörlquazit, Turmalinschiefer, *Shorl-rock* der Engländer) ist ein den Greisen nahestehendes Gestein, welches besonders in Sachsen und Cornwallis bekannt ist und sehr reich an Zinnerz erscheint; — in welchem aber innerhalb der körnigen aus Quarz gebildeten Grundmasse schwarzer Turmalin oder Schörl in reichlichem Maasse abgelagert ist. Das Gestein im Ganzen ist dunkelgrau oder schwarz, bald mehr schiefrig, bald mehr dicht und körnig und findet sich gewöhnlich in Form abgesetzter Gänge in dem Granit, zu welchem es auch hier und da allmälige Uebergänge zeigt.

Als besondere Seltenheiten führen wir noch zwei Degradationen §. 188.
des Granites auf, von denen die erste der Topasfels genannt werden kann. Es bildet dies Gestein, soviel bis jetzt bekannt, nur einen einzigen Felsen, den Schneckenstein oder die Königskrone in sächsischem Voigtlande bei Auerbach, und besteht aus drei Mineralien, Quarz, Turmalin und Topas, der entweder in den mannigfachen Spalten und Rissen des Gesteins eingesprengt oder auch in den Windungen seiner Grundmasse abgelagert ist und durch seine gelbbraune Farbe absticht.

Die zweite Seltenheit ist der Miaskit, bis jetzt nur bei Miask am Ilmengebirge in Sibirien gefunden, ein grobkörniges Gestein aus weisslichem Orthoklas und schwarzem Glimmer, in welchem der Quarz durch Eläolith (Nephelin) ersetzt ist. Das Gestein bildet eine wahre Fundgrube für eine Menge verschiedener Mineralien, die in ihm eingesprengt liegen, geht aber zum Beweise, dass es nur eine durch locale Verhältnisse bedingte Abänderung ist, einerseits in gewöhnlichen grobkörnigen Granit, andererseits in schiefrigen Gneiss durch allmälige und graduelle Modificationen über.

Der Syenit ist eine Modification des Granites, die in allen Thei- §. 189.
len der Welt in grosser Menge vorkommt und dadurch charakterisirt ist, dass der Glimmer durch Hornblende ersetzt ist. Diese Ersetzung des einen Elementes durch das andere geschieht aber durchaus nicht plötzlich, sondern die Hornblende mengt sich anfangs spärlich dem Glimmer bei, vermehrt sich aber immer mehr und mehr, erhält das Uebergewicht und behauptet endlich den Platz für sich allein. Es entstehen auf diese Weise eine Menge von Uebergangsformen, bei welchen man im Zweifel sein kann, ob sie zu dem Granit oder dem Syenit gehören,

indem beide Bestandtheile etwa in gleicher Menge darin vorkommen. Der Feldspath des Syenits, welcher seine Grundmasse bildet und die allgemeine Farbe, die meist roth oder weisslich ist, bestimmt, ist gewöhnlich Orthoklas, der oft in tafelförmigen, verwachsenen Zwillingskrystallen oder groben Körnern vorkommt; zuweilen gesellt sich ihm etwas Albit hinzu. Die Hornblende ist grün oder schwarz, stets deutlich krystallisirt, reichlich eingestreut und bildet einen äusserst angenehmen Contrast gegen die lichtrothe oder weisse Farbe des Gesteines, das seiner Festigkeit wegen als Baumaterial sehr gesucht ist, und um so mehr geschätzt wird, als es leicht eine gute Politur annimmt. Der Quarz ist im Allgemeinen nur in geringer Menge vorhanden und fehlt in vielen Fällen sogar ganz, so dass manche Forscher den Syenit nur als ein Gemenge von Feldspath und Hornblende charakterisirten, während man andererseits gerade diejenigen Gesteine, welche von Syene in Oberägypten herrühren und aus denen die meisten Obelisken gehauen sind, nicht als Syenite, sondern als Granite aus vier Bestandtheilen betrachten wollte, weil in ihnen Glimmer und Hornblende etwa in gleicher Quantität gemengt erscheint. Beide Verfahrungsweisen sind unthunlich, da zwischen diesen verschiedenen Endpunkten, wie schon oben bemerkt, eine Menge von Uebergängen vorkommen.

Hinsichtlich ihrer Structur bilden die Syenite fast ebenso viele Varietäten, als die Granite. Gewöhnlich sind sie indessen massig, was jedoch säulenförmige, plattenförmige und kugelige Absonderungen nicht ausschliesst. Seltener sind indess schiefrige Syenite, welche dem Gneisse entsprechen würden, und meistens entwickelt sich in diesen die Hornblende auf Kosten der übrigen Bestandtheile so sehr, dass ein wahrhafter Hornblendeschiefer gebildet wird. An eingesprengten Mineralien sind die Syenite besonders reich und ausser den bei den Graniten erwähnten noch besonders Zirkon und Pistazit zu nennen. Die hauptsächlichsten Lagerstätten der Syenite finden sich in Norwegen, Schweden und Grönland, am Sinaï, in den Vogesen und in Oberägypten über den Katarakten des Nils.

2. Porphyrgesteine.

§. 190. Schon bei dem Granite erwähnten wir, dass die Uebergänge in Porphyrstructur durch Herabsinken des Kornes zu einer gleichförmigen oder höchstens körnigen Masse mit Entwickelung grösserer Krystalle darin sehr häufig sei. In der That kann man den Uebergang des Granites in den quarzführenden Porphyr in vielen Gegenden, wie namentlich in Morvan und am Gotthard, deutlich beobachten. Der Quarz findet sich dann meistens in runden, compacten, deutlich abgesonderten Körnern. Jedes dieser Körner ist aber wieder ein zusammengesetztes Ganze, das aus einzelnen rundlichen oder krystallinischen Körnchen zusammengeballt ist, welche sich nur noch weiter zu zerlegen brauchen,

um dann eine feine Grundmasse zu bilden, die gewöhnlich eine röthliche oder grünliche Farbe hat, und in deren Innerem dann eine grössere Menge von Krystallen desselben Minerals eingestreut liegt. Die Zusammensetzung der Grundmasse der Porphyre zu bestimmen, würde besonders dann sehr schwierig halten, wenn man nicht von der Annahme ausgehen könnte, dass die in der Grundmasse selbst eingesprengten Krystalle mit dieser einerlei Zusammensetzung hätten. Indessen hat man es doch durch vielfache Bemühungen dahin gebracht, nachzuweisen, dass die Grundmasse in der That aus zwei Elementen, aus Feldspath und Quarz, besteht, dass der Feldspath in den meisten Fällen Orthoklas, seltener Oligoklas ist, und dass demnach die Zusammensetzung der Grundmasse bis auf den Glimmer, welcher fehlt, wesentlich dieselbe ist, wie bei den Graniten.

Die gewöhnlichen oder Feldsteinporphyre (Felsitporphyre) sind meistens braun, roth oder violettgrau, doch herrschen im Ganzen die rothen und verwandten Farben vor, weshalb man sie auch häufig ganz im Allgemeinen als rothe Porphyre bezeichnet hat. Zuweilen sind auch die Farben flammig angeordnet. Die Grundmasse ist vorwiegend massig, zuweilen selbst kugelig geballt, wie bei Ziegelhausen im Odenwalde und an verschiedenen Orten im Thüringerwalde und am Fichtelgebirge. In anderen Fällen erhalten diese Porphyre eine schiefrige oder gestreifte Structur, so dass er oft sehr dünne Lamellen bildet, die man dann namentlich als Trottoirplatten benutzt, wie denn überhaupt die Porphyre ihrer Grösse und Farbe, sowie der schönen Politur wegen, die sie annehmen, ein geschätztes, aber theures Kunst- und Baumaterial bilden. Nur selten wird die Grundmasse blasig oder zellig; gewöhnlich sind die Krystalle, die aus Orthoklas, Oligoklas, Quarz und Glimmer gebildet sind, ringsum von der Grundmasse umschlossen. Wenn diese, wie die anderen Porphyre, nicht bloss in Gängen, sondern in grösseren Massen auftreten, so bilden sie gewöhnlich kuppenförmige Hügel und Berge von gefällig abgerundeter Form.

Durch die leichte Verwitterung der Grundmasse, sonst aber durch kein mineralogisches Merkmal, unterscheidet man von den gewöhnlichen Feldsteinporphyren die Thonporphyre. Die Grundmasse dieser Gesteine ist weicher, der Bruch erdig matt, die Farbe gewöhnlich lichtbraun, hellroth oder grün; die Grundmasse schmilzt schwer, zerfällt aber um so leichter in erdige Thonmassen, welche meistens eine vortreffliche Dammerde abgeben. Man sieht sehr häufig die harten, zu Baumaterial tauglichen Feldsteinporphyre nach und nach in Thonporphyre übergehen.

Als eine besondere Abart der Feldsteinporphyre sind noch die braunen Porphyre der Vogesen zu erwähnen, welche die wesentlichsten Massen der Erhöhungskuppen dieses Gebirges bilden und durch die eigenthümliche braunrothe Farbe ihrer Grundmasse sich aus-

zeichnen. In dieser Grundmasse entwickelt sich nun wieder viel Glimmer, wodurch die Felsart, sobald der Feldspath und der Quarz der Grundmasse sich deutlicher krystallisiren, in Granit übergeht.

Eine andere Abart der gewöhnlichen Porphyre ist der Syenitporphyr oder Granitporphyr von Altenburg in Sachsen, der eine feinkörnige aus Feldspath, Quarz und Glimmer zusammengesetzte, rothe oder graue Grundmasse besitzt, in welcher viele grosse rothe Krystalle von Orthoklas und kleine schuppige Täfelchen von dunkelgrünem Glimmer, Chlorit oder Grünerde eingesprengt sind. Es zeigen diese Porphyre meist eine säulenförmige Absonderung und wegen des schönen Contrastes ihrer Feldspath- und Glimmerkrystalle sind sie äusserst geschätzt.

§. 191. Die Porphyre degradiren sich auf ähnliche Weise, wie die Granite, indem der eine oder andere ihrer Bestandtheile verloren geht. So besitzen wir eine ganze Gruppe von Porphyren, in denen der Quarz allmälig zurücksinkt und endlich wegbleibt, so dass die Grundmasse nur noch aus Feldspath besteht. Sie erscheint meistens von schmutzig grauer oder röthlicher Farbe, zersetzt sich ziemlich leicht, ist nicht so hart als die Masse der Feldsteinporphyre und enthält Krystalle, bald von Feldspath, bald von Hornblende, bald von Glimmer, wonach man den einzelnen Gesteinen entsprechende Namen gegeben hat.

An diese quarzfreien Porphyre schliesst sich ein erzführendes Gestein an, welches die Bergleute in den Vogesen mit dem Namen Minette bezeichnen, und das man seither auch in Wallis, im Erzgebirge, im Schwarzwalde wiedergefunden hat; es ist ein röthlichbraunes oder schwarzbraunes, meist nicht sehr hartes Gestein, in welchem braune und schwarze Glimmerschuppen liegen, die, wenn sie sehr überhand nehmen, der Masse eine schuppige Structur und eine grosse Weichheit geben, so dass sie förmlich zerreiblich wird.

§. 192. Der Pechstein (Retinit, Stigmit) ist ein natürliches, wasserhaltiges Glas, von gewöhnlich brauner, gelber oder schwarzer Farbe, muscheligem und rauhem unvollkommenem Bruche, ausgezeichnetem Fettglanze, das an den Bruchkanten durchscheint, und dessen Zusammensetzung sich von derjenigen der gewöhnlichen durch einen grösseren Gehalt von Kieselerde unterscheidet. Vor dem Löthrohre bläht er sich auf und schmilzt zu einem weisslichen blasigen Glase. Der Pechstein erscheint stets in Form massiger Gesteine, zuweilen mit säulenförmiger Absonderung und bildet gewöhnlich nur Gänge und Lager, die offenbar einer Injection von unten her ihre Entstehung verdanken. Seine Masse ist in feurigem Flusse gewesen und enthält nichts desto weniger stets fünf bis neun Procent Wasser und sehr häufig auch verkohlte organische Substanzen. Oft sind in der glasigen Grundmasse Krystalle von Feldspath, Quarz oder Glimmer, kugelförmige Concretionen und Nester von Quarz oder Hornstein und Fragmente anderer Gesteine

eingeschlossen, wodurch dann die Pechsteine eines Theils in die ächten Porphyre, anderen Theils in Mandelsteine und ähnliche Felsarten übergehen. Durch das Zurücksinken des Feldspathes finden sich auch Uebergänge in Obsidian und reinen Quarzfels, welche wir später betrachten werden.

Als eine besondere Abart der Porphyre kann man auch die Spilite oder Porphyrmandelsteine bezeichnen, welche an einzelnen Orten der Vogesen namentlich entwickelt sind. Der Spilit ist grün oder schwärzlich violett, sein Ansehen vollkommen homogen, seine Structur etwas krystallinisch körnig, ohne dass man förmliche Krystalle beobachten könnte. Meist finden sich Zellen und Blasen in der Masse, die keine bestimmte Richtung haben und gewöhnlich durch spätere Infiltration mit Kalkspath angefüllt sind. Unter der Lupe sieht man im Inneren der Grundmasse feine dunkelgrüne Lamellen von Labrador und kleine Quarzäderchen, welche beweisen, dass die Masse in ähnlicher Weise wie der Pechstein einen Ueberschuss von Kieselerde enthält. An der Luft zersetzt sie sich zu einem bräunlichen Pulver. Der Spilit schliesst sich zunächst an die sogenannten Pyromeride an, in welchen eine feldspathige, aus Saussürit (Jade) bestehende Grundmasse besteht, in welchen Knoten und Ganglien eingestreut sind, die meist einen concentrisch schaligen Bau haben und sich auf diese Weise den ächten Mandelsteinen anschliessen. Ausser diesen schaligen Sonderungsflächen zeigen sich auch noch im Inneren dieser Ganglien Strahlen, die von dem Mittelpunkte ausgehen, und dem Gesteine, wenn es polirt ist, ein sehr charakteristisches Ansehen geben. Der Bruch ist rauh, ungleich, die Farbe gefleckt, bräunlich oder röthlich; die Politur hält sich leider nicht sehr gut.

Im Allgemeinen haben alle bis jetzt angeführten Gesteine, in welchen der Feldspath mehr oder minder eine besondere Rolle spielt, auch eine eigenthümliche Physiognomie, die sich vor allen anderen Felsarten auf der Stelle erkennen lässt, und ferner einen besonderen Charakter in der Verwitterung, wodurch sie oft ganz vortreffliche Muttergesteine für Dammerde abgeben. Alle nehmen durch die Verminderung ihres Kornes eine erdige Beschaffenheit an und zersetzen sich auch meist leicht in erdige Massen.

3. Hornblende-Gesteine.

Man bezeichnete früher mit dem Namen Grünsteine eine Menge §. 193.
von verschiedenen Felsarten, in welchen in irgend einer Grundmasse verschiedene grüne Mineralien eingesprengt waren, die man nicht gehörig zu unterscheiden wusste. Erst seit der Arbeit von Gustav Rose über diese Gesteine hat man die Grünsteine nach ihren mineralogischen Bestandtheilen in verschiedene Gruppen zu zerlegen gelernt,

und sollte deshalb den Namen Grünstein überhaupt gar nicht mehr anwenden. Bei den hier zu betrachtenden Gesteinen findet sich stets Feldspath und gemeine Hornblende (grünlicher oder schwarzer Amphibol), welche zusammen ein Gemenge bilden. Die Varietät des Feldspathes, welche in Gemeinschaft mit der Hornblende vorkommt, ist Albit, der sich von dem in den Graniten meist vorkommenden Orthoklas leicht durch eine Menge feiner paralleler Linien unterscheidet, die er auf den Bruchflächen zeigt.

§. 194. Der Diorit ist in dieser Reihe der Hornblendegesteine das wahre Analogon des Granites, oder noch besser gesagt des Syenites, von welchem er sich wesentlich dadurch unterscheidet, dass er Albit enthält, während die Grundmasse des Syenites aus Orthoklas und Hornblende gemengt ist. Die Structur dieser Gesteine ist rein granitisch, körnig krystallinisch, bald sehr grobkörnig, bald wieder so fein, dass eine fast compacte Grundmasse hergestellt wird. Der Feldspath ist gewöhnlich grünlich oder weisslich, tritt aber im Verhältniss zu der Hornblende zurück, die dem Gesteine wesentlich die Farbe giebt, welche von dem Lichtgrünen bis ins Schwärzlichgrüne wechselt. In der Regel ist das Gestein rein massig, doch finden sich alle diejenigen Uebergänge der Structur bis zum Schiefrigen, die wir auch schon bei den granitischen Gesteinen gesehen haben und wodurch der ächte Diorit in Hornblendeschiefer sich umwandelt.

Unter dem Namen Kugeldiorit hat man ein Gestein unterschieden, welches namentlich auf Corsica ziemlich ausgebreitet vorkommt und in welchem der Albit durch Anorthit ersetzt ist, so dass das Gestein durch Salzsäure zersetzt wird, wozu der bedeutende Gehalt an Kalkerde wesentlich beiträgt. Es sieht wie ein Granit von schwärzlich grüner Farbe aus und hat stellenweise eine rein kugelige Structur, indem die einzelnen Gemengtheile sich concentrisch gelagert haben, und einen bis drei Zoll grosse Kugeln bilden.

Bei dem Zurücksinken des Feldspathes entsteht ein dunkles körniges oder dichtes Gestein, welches zuweilen fast nur aus Hornblende besteht und namentlich an dem nördlichen Rande der Pyrenäen in kleinen kuppenförmigen Hügeln vorkommt, denen man einen grossen Einfluss auf die Hebung der Pyrenäen selbst zugeschrieben hat. Das Gestein selbst wird allgemein unter dem Namen Ophit bezeichnet.

Auf der anderen Seite hat man unter dem Namen Norit namentlich in Norwegen ziemlich verbreitete Gesteine unterschieden, in welchen die Hornblende nach und nach zurücksinkt und der Feldspath so zunimmt, dass zuweilen nur hier und da in seiner Grundmasse dunkle Hornblendekrystalle eingestreut erscheinen.

§. 195. Die Dioritporphyre unterscheiden sich von den eigentlichen Dioriten nur durch die Grösse des Kornes der Grundmasse. Das Korn

ist nämlich ganz verschwunden und eine gleichförmige Grundmasse von mattem ungleichem Bruche vorhanden, die graue oder grüne Farbe zeigt und in welcher grössere Krystalle von Albit und Amphibol eingesprengt liegen. Die Grundmasse besteht wahrscheinlich aus einem feinen unkrystallisirten Gemische derselben Mineralien, in welche sich noch viele andere Mineralspecies eingesprengt befinden. Einige dieser Dioritporphyre enthalten eine bedeutende Menge Kalk, so dass sie mit Säuren aufbrausen (Chemnitz). Die Felsarten dieser Art kommen häufig aller Orten vor, namentlich aber in Ungarn, dem Ural und Südamerika, und in dem ersten Lande finden sich viele Orte, wo der Albit bedeutend über den Amphibol die Oberhand gewinnt und dadurch Gesteine gebildet werden, die kaum von dem braunen Porphyr der Vogesen unterschieden werden können.

Der Hornblendefels oder Amphibolit bildet ein körniges §. 196.
oder faseriges Gestein, in welchem der Feldspath gänzlich zurückgesunken ist, so dass nur noch meistens ein Aggregat aus reiner Hornblende übrig geblieben ist, in welchem hier und da Granat, Eisenkies, Feldspath, Quarz oder brauner Glimmer eingesprengt sind. Meist findet sich dies Gestein in Gängen zwischen granitischen und Porphyr-Massen und geht dann allmälig in förmlichen Hornblendeschiefer über, der sich ganz so verhält, wie der schiefrige Gneiss, aber eine sehr dunkele schwarzgrüne Farbe hat. Gewisse Varietäten dieses Gesteins hat man Strahlsteinschiefer oder Aktinolithschiefer genannt, indem bei ihm die Hornblende nach und nach durch Strahlstein ersetzt wird, wobei das Gestein eine hellere grüne Farbe erhält und zugleich einen strahlig faserigen Bau, der ihm einen besonderen Glanz verleiht.

In gewissen Fällen mengt sich zu der Hornblende dunkelschwärzlicher Glimmer und es entsteht so ein leicht zu bearbeitendes, schwer verwitterndes Gestein von dunkelschwarzer Farbe, welches in der Bretagne, wo es häufig vorkommt, unter dem Namen Kersanton bekannt ist und dort vielfach besonders zu mittelalterlichen Bauten verwendet wurde. Man findet mannigfaltige Uebergänge dieses Gesteins theils in ächten Diorit, theils in Hornblendeschiefer, von denen es nur eine locale Varietät darstellt; gewöhnlich enthält es etwas Kalk und geht so durch den Verlust des Glimmers in eine andere Felsart über, die man Hemithren genannt hat und in welcher innerhalb einer dunkelen Masse der Kalk in Form weisser Flöckchen eingesprengt ist. Begreiflicher Weise braust diese Felsart bei Behandlung mit Säuren um so stärker auf, je mehr eingesprengten Kalk sie enthält.

Der Hornfels (Aphanit, Cornéenne, lapis corneus) steht etwa in §. 197.
demselben Verhältnisse zu den Dioriten wie der Pechstein zu den Porphyren; — das Korn seiner Masse wird unbestimmt, der Bruch flachmuschelig und an den äussersten Grenzen der Degradation findet sich

eine gleichförmige zähe Masse von horniger Consistenz, deren halbzersetzte Varietäten sich mit dem Messer schneiden lassen und deren Farben um ein dunkles Grau mit einem Stich ins Rothe oder Grüne spielen. Vor dem Löthrohre schmilzt der Hornstein zu einem schwarzen Email, und aus seinen Verhältnissen scheint hervorzugehen, dass er überhaupt nur halbgeflossener und geschmolzener Diorit ist.

§. 198. Der Eklogit ist ein schönes grob- oder feinkörniges Gestein, dessen meist grasgrüne Grundmasse früher für Smaragdit gehalten wurde, und in welcher gewöhnlich schöne rothe Granaten, helle Albitkrystalle oder blauer Disthen eingesprengt sind. Neueren Untersuchungen zufolge besteht aber die Grundmasse dieses Gesteines, welches sich besonders in der Bretagne, in Kärnthen und Steiermark, im Fichtelgebirge und auf der Insel Syra findet, aus einem Gemenge von Hornblende und Albit, wodurch die hellere grüne Farbe erzeugt wird.

4. Gabbrogesteine.

§. 199. Wir begreifen unter dieser Bezeichnung eine ziemlich grosse Anzahl von Gesteinen, welche zum Theil ebenfalls unter dem Namen Grünsteine begriffen wurden, und welche dadurch ausgezeichnet sind, dass ihr feldspathiger Bestandtheil aus Labrador oder Saussürit besteht, der zuweilen durch Oligoklas ersetzt werden kann.

Der eigentliche Gabbro oder Euphotid besteht wesentlich aus Labrador oder Saussürit von weisser, grauer oder violetter Farbe, mit welchem grasgrüner Smaragdit oder olivengrüner Diallag dergestalt gemengt ist, dass das Gestein im Ganzen eine grünliche Farbe besitzt. Die eigentlichen Euphotide, welche namentlich in den südlichen Alpen, im Saasthal, in Oberitalien, in Cornwallis und hier und da in Sachsen vorkommen, gehen in Hinsicht ihres Kornes und der Ausbildung ihrer Spaltungsflächen ähnliche Verschiedenheiten ein, wie die Granite, welchen sie sich hinsichtlich ihrer Lagerung durchaus anschliessen. Die Uebergänge in schiefrige Massen finden sich hauptsächlich im Umkreise der Kerne, welche diese Gesteine bilden. Sehr innig ist die Beziehung des Gabbros, der eine ziemliche Quantität Wasser enthält, zu den Serpentinen, in welche er allmälig dadurch übergeht, dass der Serpentin den Diallag ersetzt. Auf der anderen Seite wird der Smaragdit zuweilen überwiegend, wo dann jenes unter dem Namen *Verde di Corsica* unter den Steinschneidern bekannte Gestein erzeugt wird.

§. 200. Der Hypersthenfels oder Hyperit, der indess noch seltener als der Gabbro und zwar in Schottland, Schweden und an der Küste von Labrador, sowie in den Centralalpen bei Valorsine besonders vorkommt, besteht ebenfalls aus einer feldspathigen Grundmasse, welche Labrador enthält, zu welchem aber Hypersthen eingemengt ist.

Der Labrador waltet meistens vor und bildet eine graulichweisse oder graugrüne Masse, in welcher der schwärzliche Hypersthen, der oft kupferrothen Metallschimmer hat, eingelagert ist. Gewöhnlich ist das Gestein feinkörnig, an der Labradorküste ist es aber sehr grobkörnig, und bildet dort die Lagerstätte jener grossen Krystalle von Labrador, die man nach der Küste genannt hat. Zuweilen mengt sich Quarz als drittes Element in die Zusammensetzung ein, so dass dann das Gestein dem Syenite oder dem Granite vollkommen ähnlich wird. — Ohne Zweifel würde man bei grösserer Verbreitung sich ebenso wie bei dem Granite genöthigt sehen, eine Menge verschiedener Unterabtheilungen aufzustellen, welche jetzt nur zu unnöthigen Zersplitterungen der Nomenclatur führen würden.

5. Serpentingesteine.

Der Serpentin ist eins der wenigen Mineralien, welcher für sich allein in bedeutenden Massen als Gestein auftritt und grossen Antheil an der Bildung vieler Gebirge nimmt, wo er namentlich in den inneren Stöcken, wie z. B. Monte Rosa, gewaltige Massen bildet. Er ist ein zartes, weiches, seifig anfühlbares, zähes Gestein von grüner, meist düsterer Farbe, dichtem, splitterigem und glanzlosem Bruche, das sich durch seine fast gänzliche Unschmelzbarkeit und seinen grossen, ungefähr 13 Procent betragenden Wassergehalt auszeichnet. Oft sind die Serpentine so weich, dass sie in der ersten Zeit, nachdem man sie aus dem Steinbruche entnommen hat, geschnitten und gedreht werden können, weshalb man sie an vielen Orten zur Anfertigung von Töpfen, Mörsern u. s. w. benutzt. Durch den Einfluss der Luft wird die grüne Farbe allmälig braunroth. Gewöhnlich ist das Gestein massig, oft aber auch kommen plattenförmige Absonderungen vor, die sich bis zur Schieferung und anscheinenden Schichtung steigern. Der Asbest findet sich im Inneren der Masse ziemlich häufig und giebt ihr ein faseriges glänzendes Aussehen, und es ist wohl nicht unwahrscheinlich, dass der Asbest selbst nur als eine Varietät des Serpentins zu betrachten ist. Trotzdem dass keine chemische Verwandtschaft zwischen ihnen stattfindet, so ist es doch merkwürdig, dass der Serpentin stets in genauerer Beziehung zu den Gabbros steht, und dass man wohl nirgends Gabbro finden dürfte, in dessen Nähe nicht Serpentinmassen entwickelt wären. Die Serpentinschiefer, deren Platten oft so regelmässig sind, dass man an eine Schichtung des Serpentins glauben könnte, gehen sehr häufig in Chlorit und Talkschiefer über, denen sie auch durch ihre Consistenz ähneln. Sowohl in dem massigen wie in dem schiefrigen Serpentin findet sich ein ausserordentlicher Reichthum an accessorischen Bestandtheilen und eingesprengten Mineralien jeder Art. §. 201.

Der sogenannte Schillerfels von der Harzburg ist nichts

Anderes als ein dunkelgrüner Serpentin, der von grossen Schillerspathkrystallen nach allen Richtungen hin durchwachsen und durchwoben ist. Nicht selten findet sich in der Masse von Serpentinschiefern Kalk beigemengt, welcher zuweilen sehr bedeutend wird, so dass man dann solche Gesteine mit dem Namen Ophikalcit bezeichnet hat.

6. Augitgesteine.

§. 202. In allen Gesteinen, welche zu dieser Gruppe gehören, ist der Augit oder Pyroxen der wesentlichste Bestandtheil und zwar meistens mit einem leichtflüssigen Feldspathe, mit Labrador oder Oligoklas gemengt. In vielen Fällen sind indess die charakteristischen Kennzeichen des Pyroxens so wenig ausgebildet, dass es zweifelhaft bleiben kann, ob man es mit Hornblende, mit Hypersthen oder mit Augit zu thun habe, weshalb dann auch die Unterscheidung vieler hierher gehörigen Gesteine von den entsprechenden Hornblendegesteinen oft sehr schwierig ist. In geologischer Beziehung kann man unter den mannigfaltigsten Gesteinen, in welchen der Augit die Hauptrolle spielt, zwei Gruppen unterscheiden, die eine von gewöhnlich hellerer Farbe, die man früher mit unter den Grünsteinen begriff, und die von höherem Alter sind, und die andere Gruppe von gewöhnlich dunkler Farbe, welche durch die Basalte und Laven bis in die Jetztzeit übergreift.

Gruppe der Diabase.

§. 203. Der eigentliche Diabas entspricht in dieser Gruppe allen jenen Gesteinen, welche wir als Analoga des Granites anführten; er ist ein körniges Gestein, dessen Grundmasse aus kleinen Krystallen von Labrador oder Oligoklas besteht und meistens durch Beimengung von etwas Chlorit grün gefärbt ist. Zuweilen findet sich so viel Chlorit vor, dass dieses Mineral in schuppigen, erdigen oder dichten Partien ausgebildet ist. Je feinkörniger das Gestein ist, desto mehr zeigt sich im Allgemeinen der Chlorit in dieser Weise ausgeschieden. Der Pyroxen ist stets grün, braun oder schwarz und deutlich krystallisirt. Der Diabas ist fast immer massig, zeigt aber zuweilen plattenförmige Absonderungen, und geht dann nach und nach durch stärkeres Ueberhandnehmen des Chlorites zuerst in schiefrigen Diabas und dann in ächten Chloritschiefer über. Auf der anderen Seite wird die Grundmasse des Diabases oft ausserordentlich fein, vollkommen dicht und bildet einen förmlichen Porphyr, Diabasporphyr oder Augitporphyr, wo in einer mehr oder minder gesättigt grünen Masse grössere Zwillingskrystalle von weissem oder röthlichem Labrador und dunkelgrü-

nem oder braunem Augit ausgebildet sind. Im Ural ist ein ähnliches Gestein weit verbreitet; der Pyroxen aber durch Uralit ersetzt, d. h. durch Hornblende, welche die Krystallgestalt des Pyroxens hat und wahrscheinlich durch eine Metamorphose desselben entstanden ist.

Man kann in den Diabasen ähnliche Uebergänge oder Ausbildungen nachweisen, wie in den Graniten. So sinkt zuweilen der feldspathige Bestandtheil so sehr zurück, dass er gänzlich verschwindet und dass man ein mehr oder minder dunkelgrünes meist schiefriges Gestein vor sich hat, welches fast einzig aus Augit besteht und deshalb auch Augitfels oder, nach dem See Lherz in den Pyrenäen, Lherzolith genannt wird. §. 204.

Auf der anderen Seite trifft man viele Diabase, in welchen sich etwas Kalk findet; bei stärkerer Zunahme dieses Kalkes, welcher dann meistens in Form von Spath krystallisirt ist, entstehen dann dichte feinerdige Gesteine von mattem Bruche, grünlichen oder bräunlichen Farben, die man mit dem Namen Kalktrapp, Plattenstein, Diabas-Mandelstein oder Kalkdiabas belegt hat. Die Kalkspathkörner, welche sich in der dichten, viel Chlorit enthaltenden Masse finden, werden nämlich rund, nehmen an Masse zu und bilden endlich Mandeln von der Grösse einer Erbse, die sich zuweilen so dicht drängen, dass fast gar keine Grundmasse übrig bleibt. Man kennt sowohl massige, als auch schiefrige Kalkdiabase, welche dann hier und da in sogenannte Grünsteintuffe und in den Schalstein übergehen, der namentlich in dem rheinischen Schiefergebirge eine bedeutende Rolle spielt. Es scheint dieser Schalstein, wie übrigens auch aus den Fossilen hervorgeht, die in ihm gefunden worden sind, ursprünglich ein Grauwackenschiefer zu sein, in welchen Augitgesteine und Kalk während der Ablagerung eingedrungen sind, wodurch dann ein, in seinem Charakter äusserst schwankendes, deutlich geschichtetes schiefriges Gestein gebildet wurde, das eine feinerdige oder faserige, grüne, graue oder gelbe Grundmasse enthält, in welcher eine Menge verschiedenartiger Flecken und Bruchstücke sich zeigen, je nachdem bald das eine, bald das andere Bildungselement an Masse überwiegt. Der Schalstein hat stets einen bedeutenden Gehalt an kohlensaurem Kalk, der meistens auch in krystallinischer Form hier und da abgelagert ist.

Gruppe der Basalte.

In allen Gesteinen, die dieser Gruppe angehören, findet sich ebenfalls Pyroxen, gewöhnlich mit Labrador verbunden, vor, während der Quarz gänzlich von der Bildung derselben ausgeschlossen bleibt. Sie unterscheiden sich aber alle von der vorigen Gruppe dadurch, dass ihre Grundmasse eine weit homogenere ist und dass die Gesteine selbst §. 205.

sich in stark feuerigem Flusse befanden, so dass sie meistens Blasenräume im Inneren ihrer Masse zeigen.

Der Dolerit (Mimesit) entspricht in Aussehen, Verschiedenheit des Kornes u. s. w. durchaus dem Diorit und dem Diabas, so dass man ihn früher auch als basaltischen Grünstein bezeichnete. Er ist in der That der Granit der basaltischen Gesteine und besteht aus einer krystallinisch körnigen Grundmasse von Labrador, welcher weiss oder lichtgrau ist und gewöhnlich deutliche platte und schillernde Tafeln erkennen lässt. Der Pyroxen ist ebenfalls in deutlichen schwarzen säulenförmigen Krystallen abgelagert und sticht angenehm auf der hellen Farbe des Labradors ab. Ausser diesen beiden Bestandtheilen enthält der Dolerit meistens Magneteisen, dann aber auch sehr häufig kohlensauren Kalk und Eisenoxydul, weshalb er bei der Behandlung mit Säuren aufbraust und in einen, in denselben löslichen, und einen unlöslichen Theil zerfällt, der aus Labrador und Augit gebildet ist. Die Dolerite sind stets massig, zeigen aber zuweilen säulenförmige oder kugelige Absonderungen und fast immer mehr oder minder entwickelte Blasenräume, welche gewöhnlich mit grösseren Krystallen ausgefüllt sind, so dass sie sich in ihrer Structur an die Porphyre anschliessen. Oft findet man den Dolerit deshalb in schichtenförmigen Ausbreitungen, weil bei Eruptionen ein Strom geschmolzener Masse über schon erkaltete Ströme hergeflossen ist.

Doleritporphyre könnte man wohl alle Gesteine nennen, welche durchaus dieselbe mineralogische Zusammensetzung hätten, wie der Dolerit, aber eine gleichförmige compacte Grundmasse mit eingesprengten Krystallen von Pyroxen und Labrador. Gewisse Laven des Aetna und der Auvergne würden hierher gehören, indem in diesen eine dunkle Grundmasse, die offenbar aus diesen beiden Mineralien zusammengeschmolzen ist, einzelne Krystalle davon enthält.

§. 206. Durch das Herabsinken der krystallinischen Grundmasse zu einer feinkörnigen, meist grünlich oder bräunlich schwarzen Masse von schimmerndem Bruche, in welcher man keine mineralischen Bestandtheile mehr erkennen kann, gehen die Dolerite in die eigentliche Trappe oder Anamesite über. Gewöhnlich kann man selbst unter dem Mikroskope bei der genauesten mechanischen Analyse keine bestimmten Structurelemente wahrnehmen. Auf chemischem Wege lassen sich in diesen Trappen zwei verschiedene Varietäten nachweisen, indem die eine von ihnen stark wasserhaltig ist, die andere aber kein Wasser bei der trockenen Destillation abgiebt. Hierdurch sowie durch die grosse Seltenheit von Olivin bilden die Trappe ein wahres Mittelglied zwischen den Doleriten einerseits und den Basalten andererseits, mit denen sie übrigens ihrem ganzen übrigen Verhalten nach die grösste Aehnlichkeit zeigen. Auf den Faröern und in Island namentlich bilden die Trappe ungeheure Massen, die aus einzelnen, über einander ge-

flossenen Schichten zusammengesetzt sind und dadurch den Inselkuppen, welche fast nur aus ihnen bestehen, ein treppenartiges Ansehen ertheilen. Diese geflossenen Schichten erreichen zuweilen eine Mächtigkeit von mehren hundert Metern, woraus man auf die ungeheuren Massen geschmolzenen Materials schliessen kann, welche in einem einzigen Ausbruche sich ergossen. Die Absonderung in prismatischen Säulen, welche eine Folge der Erkaltung ist, findet sich bei den Trappen ebenso häufig, als bei den ächten Basalten, und die schönsten Säulen dieser Art, wie z. B. diejenigen des Riesendammes in Irland, gehören nicht den Basalten, wie man gewöhnlich sagt, sondern den eigentlichen Trappen an.

Die Basalte bilden stets ein inniges Gemenge von Labrador §. 207.
und Augit, deren Existenz man freilich gewöhnlich nur aus der chemischen Analyse berechnen kann. Die eigentlichen Basalte haben stets eine dunkelgraue oder schwärzliche Farbe, ihr Bruch ist uneben, flachmuschelig, matt, ihre Consistenz hart, ihr specifisches Gewicht gewöhnlich ziemlich bedeutend und die in ihnen vorkommenden Blasenräume und Höhlen zeigen sich gewöhnlich mit Zeolithen ausgefüllt, die, wie es scheint, stets Producte einer beginnenden Zersetzung sind. Alle Basalte ohne Ausnahme enthalten Wasser, dessen Menge zuweilen bis zu 4 Proc. ansteigen kann, und in den meisten finden sich auch kohlensaure Salze, welche beim Behandeln des Gesteinspulvers mit Säuren aufbrausen. Als besonders charakteristisch für den Basalt zeigt sich meistens die Einsprengung von Olivin oder Peridot, den man fast als einen wesentlichen Bestandtheil ansehen könnte. Ausser diesem Mineral finden sich noch viele andere Mineralspecies in Krystallen vor, worunter wir namentlich Magneteisen, Glimmer und Hornblende erwähnen, so dass der Basalt oft ein förmliches porphyrisches Ansehen erhält. Fragmente anderer Gesteine, die bei dem Durchbruche der Massen eingehüllt wurden, finden sich sowohl in dem Basalte, wie in den übrigen feuerflüssigen Gesteinen ziemlich häufig vor, so dass hier und da mehre Basaltconglomerate gebildet werden.

In anderen Fällen häufen sich die Blasenräume so sehr, dass der Basalt förmlich als eine Schlacke erscheint, die mit den jetzt vorkommenden Laven die grösste Aehnlichkeit hat.

Die säulenförmigen Absonderungen sind ebenfalls fast charakteristisch für den Basalt und zuweilen so regelmässig, dass man sie für Effecte der Krystallisation im Grossen hat erklären wollen, während doch alle Verhältnisse darauf hinweisen, dass sie einzig eine Folge der bei der Erkaltung eintretenden Zusammenziehung sind. Ausser dieser so auffallenden Säulenform trifft man noch häufig an den Basalten eine Art concentrisch schaliger Anordnung ihrer Elemente, wodurch sich die Säulen bei der Verwitterung in einzelne Kugeln oder abgerundete Linsen theilen, die immer mehr und mehr schalig ver-

wittern, so dass die Säulen endlich wie in der sogenannten Käsegrotte bei Bertrich, das Ansehen auf einander geschichteter Schachteln oder Käse erhalten.

Die Basalte bilden Gänge und Durchbrüche, die zuweilen in den mannigfaltigsten Gestalten andere Gesteine durchsetzen; an der Oberfläche steigen sie meistens in rundlichen Kuppen oder kegelförmigen Massen auf, verbreiten sich aber oft so weit hin in einzelnen über einander geflossenen Schichten, dass man lange Zeit die Ansicht verfocht, der Basalt sei wirklich ein aus dem Wasser abgelagertes Sedimentgestein.

§. 208. In besonderen Fällen zersetzt sich der Basalt in ein dichtes feinkörniges erdiges Gestein von ebenem Bruche, weicher Consistenz, matter, mehr oder minder grauer schmutziger Farbe, das durchaus mit Blasenräumen durchzogen ist und durch die ungemeine Anhäufung von Zeolithen im Inneren dieser Blasenräume eine weit vorgeschrittene Zersetzung nachweist. Oft scheint es, dass diese schlackenartigen Massen, die zuweilen selbst sehr staubig und zerreiblich sind und die man mit dem Namen der Basaltwacken belegte, durch Infiltration oder Untertauchung unter Wasser wieder zusammengebacken worden seien, so dass sie schichtenartige Structur zeigen und deshalb auch namentlich früher als Beweise für die neptunische Entstehung des Basaltes angeführt wurden.

§. 209. Dem Basalte sehr nahe steht dasjenige Gestein, welches man jetzt allgemein unter dem Namen Melaphyr oder Augitporphyr bezeichnet. Es besteht dasselbe stets aus einer leicht schmelzbaren, gewöhnlich dichten oder feinkörnigen Grundmasse von dunkler ins Grüne oder Schwarzbraune verlaufender Farbe. Das Gestein erhält aber dadurch einige Aehnlichkeit mit den Porphyren, dass ein grünes Mineral, entweder Pyroxen oder Hornblende, in kleinen krystallinischen Splitterchen in dieser Masse sich eingelagert findet. Magneteisen, sowie etwas Eisenspath und Kalkspath bilden ebenfalls fast stets einen wesentlichen Bestandtheil dieser Melaphyre, welche sich in ihrem Auftreten besonders an die rothen Porphyre anschliessen. Manchmal finden sich Krystalle von Labrador oder Glimmer deutlich ausgeprägt in dem Gesteine, wodurch dann dessen Ansehen sich den gewöhnlichen Porphyren noch mehr nähert; gewöhnlich aber entwickeln sich Blasenräume, die dann mit verschiedenen Mineralien sich anfüllen und so in förmlichen Mandelstein überleiten. Es bilden diese Melaphyre gewöhnlich nur unbedeutende Kuppen oder Gänge in andere Gesteine, die aber in näherer Beziehung zu den Hebungen mancher mächtigen Gebirgsstöcke zu stehen scheinen. Sie sind fast stets massig und bieten ihrer grossen Härte und dunkeln Farbe wegen zu Bauten und feineren Kunstarbeiten einen schönen Stoff, welcher der Zersetzung durch die Atmosphäre aufs Aeusserste widersteht.

In ähnlicher Weise, wie bei vielen schon früher betrachteten Gesteinen findet man auch bei den Augitgesteinen Degradationen, welche dadurch bedingt werden, dass der eine oder andere Bestandtheil durch ein fremdes Mineral ersetzt wird. So hat man unter dem Namen Nephelit oder Nephelindolerit ein dem gewöhnlichen Dolerite sehr ähnliches Gestein unterschieden, welches namentlich am Katzenbuckel im Odenwalde, bei Meiches in Hessen und an verschiedenen Orten in Böhmen vorkommt und dessen mehr oder minder grobkörnige Grundmasse gewöhnlich aus grünlichem oder grauem, fettglänzendem Nephelin besteht, in welches schwarze Augitkrystalle und feine Körner von Magneteisen eingesprengt sind. §. 210

Cyklophyr könnte man ein sehr variabeles Gestein nennen, das zuweilen grobkörnig wird, meist aber aus gleichförmiger Grundmasse mit manchen eingewebten Krystallen besteht und den Fuss des Aetna, sowie die cyklopischen Inseln in dessen Nähe bildet. Der Cyklophyr besteht aus Analcim und Pyroxen, was um so auffallender erscheinen könnte, da das Gestein sich einst offenbar in feuerigem Flusse befand, ja an einzelnen Stellen in prismatischen Säulen, wie der Basalt, sich absondert und dennoch beim Erhitzen Wasser giebt, indem der Analcim ein wasserhaltiges Mineral ist. Jetzt, wo man die grosse Rolle kennt, welche die Wasserdämpfe in den vulcanischen Erscheinungen spielen, ist dies Vorkommen des Analcims im vulcanischen Gestein nicht mehr so auffallend und unerklärlich. §. 211.

Der Leucitophyr ist die dem vorhergehenden Gesteine entsprechende Felsart, die am Vesuve vorkommt, wo sie ganz so den Fuss und die untersten Bekleidungen, den Berg Somma und die anliegenden Massen bildet, wie der Cyclophyr den Fuss des Aetna umhüllt. Der Leucitophyr besteht aus Leucit und Pyroxen; seine Grundmasse ist graulich; die eingesprengten Krystalle aller Art sehr häufig. §. 212.

Die neueren Laven des Vesuvs könnte man Sodalophyr nennen, da sie aus Sodalit und Pyroxen bestehen.

Sehr selten ist der Hauynophyr, eine aus Hauyn und Pyroxen zusammengesetzte Felsart.

7. Trachytische Gesteine.

Im Allgemeinen hat man diese Gesteine, welche alle vulcanischen Ursprunges sind, deshalb unterschieden, weil sie eine eigenthümliche Rauhigkeit besitzen, die von den kleinen Feldspathkrystallen herrührt, aus denen ihre meist blasige Masse gebildet ist. Die Hauptmasse ihrer Substanz wird gewöhnlich von Sanidin gebildet, der durch seinen lebhaften Glasglanz, seine starke Durchsichtigkeit und die vollkommene Spaltbarkeit seiner Krystalle sich als eine besondere Varietät des Orthoklases hinstellt, von dem er auch früher schon unter dem Namen §. 213.

glasiger Feldspath unterschieden wurde. Der Sanidin enthält stets einige Procente Natron neben dem Kali, und wenn er, wie es vorkommt, durch Albit ersetzt wird, so enthält dieser wieder einen gewissen Antheil von Kali neben dem Natron, das seine wesentliche Basis ausmacht. Die verschiedenen alkalischen Basen, welche in den Trachyten vorkommen, sind fast stets in Ueberschuss gegen die Kieselerde vorhanden, so dass freier Quarz nur selten vorkommt.

§. 214. Der eigentliche Trachyt besitzt eine poröse, rauhe, bald körnige, bald dichte Masse, die fast immer vielfache Blasenräume enthält und meist weisse oder hellgraue, selten rothe oder ins Braune ziehende Farben zeigt. Der Sanidin erscheint in dieser Grundmasse meistens in tafelförmigen Zwillingskrystallen, die sehr rissig sind und einen starken Glasglanz besitzen. Schwarze Kryställchen von stark glänzender Hornblende sind so häufig in der Grundmasse eingestreut, dass man fast den Trachyt als einen vulcanischen Syenit bezeichnen könnte. Schwarzer Glimmer ist ebenfalls ziemlich häufig, während Pyroxen und Magneteisen selten sind, Olivin aber fast immer fehlt, was als gute Unterscheidung von Basaltgesteinen dienen kann. Selten nur ist der Trachyt granitähnlich, wie bei Schemnitz in Ungarn und auf der Insel Milo, oder flaserig und dem Gneisse ähnlich, wie auf der Insel Pantellaria; im letzteren Falle bildet sich sogar eine förmliche schiefrige Structur aus, die besonders von der tafelförmigen Streckung der Sanidinkrystalle herrührt und an den Vulcanen der canarischen Inseln und denen Central-Frankreichs zuweilen angetroffen wird.

§. 215. Porphyrische Trachyte sind bei weitem häufiger als wahre körnige Trachyte und bilden deshalb die gewöhnlichste Art der Erscheinung der Trachyte. Die Grundmasse ist äusserst fein, besteht aber doch bei genauerer Betrachtung nicht aus amorpher Substanz, sondern aus mikroskopischen Krystallen von glasigem Feldspath, die auf frischen Brüchen in der Sonne glitzern. Diese Trachyte unterscheiden sich demnach von den granitischen Porphyren nur durch die Grösse des Kornes, und in einzelnen Fällen wird dies Korn selbst so gross, dass durchaus aller Unterschied verwischt ist und man das Gestein, weil es aus vulcanischem Terrain kommt, für Trachyt erklären muss, während seine Structur es in der That dem granitischen Porphyre nahe stellt. Die Grundmasse selbst ist sehr verschieden, sowohl in ihrer Farbe, als in ihrer Beschaffenheit; — meist graulich, spielt sie mehr oder minder in das Grüne oder Rothe über; zuweilen ist sie äusserst leicht, blasig, schlackig; in anderen Fällen schwer, erdig. Man findet häufig Eisen und Amphibol in grosser Menge darin eingesprengt; in einzelnen Gegenden ist das Titaneisen so häufig darin, dass beim Verwittern der Masse und beim Auswaschen des Gesteines durch den Regen, das Titaneisen in Haufen zurückbleibt. Der Trachyt wird in einigen Gegenden, namentlich bei Königswinter im Sie-

bengebirge, als guter Baustein gebrochen. Auch in diesen porphyrischen Trachyten kommen mannigfaltige Varietäten vor, indem bald der Feldspath dergestalt überwiegt, dass der Sanidin in grossen Krystallen sich ausscheidet, wie am Drachenfels im Siebengebirge, oder dass die Hornblende stark zunimmt oder wieder dass die Grundmasse zu einem Halbglase zusammenschmilzt, das oft plattenförmig oder säulenförmig sich absondert und gar keine Krystalle mehr enthält.

Der Domit, welcher hauptsächlich die hohen Kuppeln des Puy de Dôme und mehrerer anderer Vulcane in Central-Frankreich bildet, ist eigentlich nur ein porphyrischer Trachyt, dessen Grundmassen im Grossen ein mattes Ansehen, graue, braune oder gelbliche Farbe besitzt, in welcher kleine sehr rissige Krystalle von Sanidin, die in der Sonne glitzern, und grössere Krystalle von Ryakolith und schwarzem Glimmer enthalten sind. Die rauhe und zerreibliche, spröde Grundmasse zersetzt sich leicht und bildet dann einen erdigen Thon, der keinerlei Festigkeit hat. §. 216.

Obgleich die trachytischen Gesteine im Allgemeinen keinen freien Quarz enthalten, so giebt es doch merkwürdiger Weise einige Felsarten, namentlich in Ungarn und Toscana, worin selbst grössere Kerne und mandelartige Concretionen enthalten sind, die aus Quarz oder Chalcedon bestehen und dem Gesteine eine so ungleichartige Härte verleihen, dass es zu Mühlsteinen verbraucht wird. In allen diesen Mühltrachyten ist die Grundmasse ausserordentlich zellig, röthlich, gelblich oder graulich, und ausser den grösseren Concretionen finden sich überall kleine faserige Sphärulitkugeln in der Masse zerstreut. §. 217.

Im Gegensatze zu diesen Mühltrachyten kommen auf der Insel Ischia und Ponza Trachyte vor, welche sich durch ihre Armuth an Kieselerde auszeichnen; wie es scheint, ist in diesen Trachyten der Sanidin durch Albit ersetzt, obgleich sie denselben Glasglanz und dasselbe rissige Ansehen zeigen, wie die übrigen Trachyte. §. 218.

Seit wenigen Jahren erst weiss man, dass die riesigen vulcanischen Kuppeln der Cordilleren und des Kaukasus nicht aus Trachyt, wie man früher glaubte, sondern einem dem Trachyte ähnlichen Gesteine bestehen, das Rose Andesit genannt hat. Die dunkelgraue oder schwarze, feinkörnige, dichte oder selbst hyaline Grundmasse dieser Gesteine ist sehr weich und leicht zermalmbar und besteht, wie es scheint, hauptsächlich aus Albit oder an einigen Stellen, wie namentlich am Kasbek und Ararat, aus Oligoklas. In dieser Grundmasse sind ausserordentlich zahlreiche kleine weisse Krystalle der beiden Feldspatharten eingestreut. Hierzu kommen noch viele kleine schwarze nadelähnliche Krystalle von Hornblende und Magneteisen, was dem Gesteine ein ganz eigenthümliches Ansehen giebt. Hinsichtlich seiner Structur durchläuft der Andesit alle Stufen von granitähnlichem Ansehen bis zu glasähnlicher Masse, und durch eigenthümliche Abände- §. 219.

rungen, die man mit dem Namen Trachydolerit belegt hat, geht er einerseits in Dolerit und andererseits in Trachyt über.

§. 220. Der Perlit ist gewissermaassen der Pechstein der Trachytgebilde; — er stellt wie dieser eine Masse von glasigem oder perlmutterglänzendem Ansehen dar, die aber einen sehr feinen muscheligen Bruch hat, der sich in solcher Weise nach allen möglichen Richtungen versplittert, dass der Bruch zwar kleine glänzende Winkelflächen darstellt, aber trotz der Gleichförmigkeit des Kornes durch die Menge ihrer Ecken eine Art Rauhigkeit darbietet. Durch Vervielfältigung dieser Spaltbarkeit gehen die Perlite einerseits in thonsteinige Massen über von grauer oder röthlicher Farbe, erdigem Bruche und leichter Verwitterbarkeit, andererseits in sphäroidische Gesteine, so dass die Masse zuletzt aus lauter kleinen, fast gleich grossen Kügelchen besteht, die gedrängt auf einander liegen und nur wenig Raum für eine dazwischen liegende Grundmasse darbieten. Beudant hat die verschiedenartigen Uebergänge des Perlits, für dessen Studium die Gegenden von Tokay und Schemnitz in Ungarn die classischen Localitäten bieten, eine besondere Aufmerksamkeit zugewendet und namentlich Schalenperlit, Kugelperlit, Pechsteinperlit u. s. w. unterschieden. Alle diese Varietäten gehen aber durch fast unmerkliche Modificationen in einander über, so dass man von fast vollständig geflossenem Glase in faserig glasigen Schlacken, die den Bimssteinen am nächsten stehen, bis zu zersetzten erdigen Massen alle möglichen Uebergänge findet.

§. 221. Der Obsidian ist ein wahrhaftes vulcanisches Glas von dunkelgrüner, dunkelbrauner oder schwarzer Farbe, meist durchaus gleichförmig, von muscheligem Glasbruche mit scharfkantigen, durchscheinenden Bruchstücken, das einen bedeutenden Ueberschuss an Kieselerde enthält und nur zuweilen blasig, porphyrisch oder verwaschen sphäroidisch wird, wo dann Krystalle von Feldspath oder Glimmer in seinem Inneren sich entwickeln, so dass man solche Gesteine dann mit dem Namen Obsidianporphyre belegt hat. In anderen Fällen füllen sich die Blasenräume mit Mandeln aus und gewöhnlich gehen die Ströme, in welchen der Obsidian aus den Kratern der Vulcane ausgeflossen ist, nach unten in zellige Lava über. Vor dem Löthrohre bläht sich der Obsidian bedeutend auf und bildet blasige schlackenartige Massen, die auf die Entstehungsweise des Bimssteins am besten hinweisen. Der Bimsstein ist in der That weiter nichts als eine aufgeblähte vulcanische Schlacke von schaumig schwammiger Structur, die bald runde, bald durch das Fliessen langgestreckte Zellenräume hat und dann ein faseriges Ansehen bekommt. Die Bimssteine finden sich theils als lose Auswürflinge der Vulcane, theils auch, wie ächte Schlacken, an der Oberfläche der Laven, namentlich der Obsidianströme.

§. 222. Eine eigenthümliche Abart der Trachyte bilden die Phono-

lithe oder Klingsteine, harte, dichte, compacte Gesteine von meist grünlicher, graulicher oder schwärzlicher Farbe, die gewöhnlich eine dickschiefrige Structur haben und sich in hell klingende Platten spalten lassen. Der Bruch ist wachsartig oder splitterig. Kein Gestein giebt unter dem Hammer einen solchen auffallend hellen, klaren Ton, wie die Phonolithe. Ihre Grundmasse besteht aus zwei feldspathartigen Mineralien, einem in Säuren unauflöslichen, welcher Sanidin ist, und einem Zeolithe, der wahrscheinlich Mesotyp sein dürfte und bei der Zersetzung die Kieselerde in gallertartiger Masse ausscheiden lässt. Da die Verwitterung die zeolithische Masse stärker angreift, so enthalten die Phonolithe um so mehr löslichen Feldspath, je weniger sie verwittert sind. Sanidin und Hornblende kommen häufig in kleinen Krystallen in der Masse vor, so dass dieselbe zuweilen porphyrisch wird. In anderen Fällen werden die Phonolithe erdig und ähneln dann sehr den Domiten oder Perliten, von denen sie sich aber durch ihre theilweise Löslichkeit in Säuren unterscheiden. Gewöhnlich aber zeigen sie eine tafelförmige Plattenabsonderung, die sich bis zur Schieferstructur steigert — zuweilen selbst in so hohem Grade, dass sie an einigen Orten wie im Puy de Dôme und in den Monts Dores als Dachschiefer benutzt werden, die indess immer sehr grob bleiben, da ihre Spaltbarkeit nicht so weit geht, als die der gewöhnlichen Dachschiefer. Die Phonolithe kommen besonders in Central-Frankreich, in der hohen Rhön, in der Lausitz und in Böhmen vor und bilden gewöhnlich stockähnliche Massen mit senkrecht abgesetzten Wänden, die zuweilen mit dem Basalte in näherer Beziehung stehen, obgleich keinerlei Uebergänge zwischen beiden Gesteinen stattfinden.

Die basaltischen und trachytischen Gesteine, die wir in ihren §. 223.
Abarten bisher betrachteten, sind alle mehr oder minder vulcanischen Ursprungs und durch Spalten oder Krater in feuerigem Flusse aus der Tiefe der Erde hervorgedrungen, indem sie die Sedimentablagerungen durchbrachen. Man findet deshalb fast überall in der Nähe der Spalten und Risse, durch welche diese Massen hervorbrachen, Conglomerate, Breccien, Puddinge und ähnliche Massen, welche dadurch erzeugt wurden, dass die aufdringenden feuerigen Ströme die Trümmer der durchbrochenen Gesteine in sich aufnahmen und von allen Seiten umgaben. Es giebt deshalb eine Menge von Trümmergesteinen, die wir hier nicht näher erwähnt haben, da sie je nach der Natur der durchbrechenden wie der durchbrochenen Massen ein verschiedenes Ansehen besitzen. Ein näheres Studium ist aber besonders dann am Platze, wenn es sich um die Erforschung der vulcanischen Wirkungen im Einzelnen handelt.

Am Schlusse der Behandlung dieser Gesteine könnte man uns fragen, warum wir die Laven nicht abgehandelt haben. Es ist hierauf zu antworten, dass unter dem Worte Lava kein bestimmtes Gestein

verstanden werden kann, sondern dass man mit diesem Ausdrucke Alles bezeichnet, was im geschmolzenen Zustande von einem wirklichen Vulcan, von einem Krater oder einer Ausbruchsöffnung ausgeworfen oder ausgespieen wird. Fast alle basaltischen und trachytischen Gesteine, die wir bisher abgehandelt haben, können ausser ihrem sonstigen Auftreten in stockartigen Massen und Gangausfüllungen auch als wirkliche Lavaströme gefunden werden, und man findet deshalb Lavaströme von geschmolzenem Trachyt, Andesit, Obsidian, Phonolith, Dolerit und Basalt, die je nach der Natur und Lage der einzelnen Vulcane bald in früheren, bald in späteren Zeiten ausgespieen wurden.

8. Glimmergesteine.

§. 224. In den Gesteinen, welche wir in dieser Gruppe zusammenfassen, findet sich gewissermaassen die Grenze zwischen den bisher betrachteten Massen plutonischen Ursprunges und den Sedimentgesteinen, welche sich durch Ablagerung aus dem Wasser gebildet haben. Bei allen Glimmergesteinen herrscht schiefrige Absonderung vor und gewöhnlich lässt sich auch förmliche Schichtbildung in ihnen nachweisen. Nichtsdestoweniger ist die Structur ihrer Masse mehr oder minder krystallinisch und deutet darauf hin, dass entweder die Elemente, welche sie bildeten, sich wenigstens in solchem Zustande befanden, der ihren Molekülen freie Beweglichkeit genug gestattete, um zu Krystallen anzuschiessen, oder dass durch nachträgliche Einwirkungen der ursprüngliche Zustand der Gesteine modificirt wurde.

Der Glimmerschiefer (*Micaschiste*) ist ein schiefriges Gestein, aus Quarz und vielem Glimmer zusammengesetzt, das sich in grossen schichtenförmigen Ablagerungen trennt und durch unzählige Uebergänge mit den Gneissen verbindet. Bald herrscht der Quarz, bald der Glimmer vor, und letzterer oft so sehr, dass die Masse fast nur aus Glimmerschuppen besteht, dadurch den höchsten Grad der Theilbarkeit erreicht und äusserst leicht zerfällt. In denjenigen Glimmerschiefern, in welchen durch mehr Quarzgehalt die Consistenz bedeutender ist, sieht man dennoch oft die schiefrige Structur so weit vorgeschritten, dass sie zu Dachschiefern benutzt werden können. Der Quarz findet sich dann meist nicht mehr in Körnern, sondern in Lamellen und Blättchen in der Masse, die gewöhnlich durch beigemengte Eisensalze dunkelgrau oder schwärzlich gefärbt ist, aber des Glimmers wegen stets einen schillernden Glanz hat. Häufig findet sich der Glimmerschiefer in den grösseren Gebirgsstöcken im Umkreise der granitischen Centralstöcke in solcher Weise, dass der Granit in Gneiss und der Gneiss in Glimmerschiefer übergeht, welcher seinerseits wieder nach und nach in andere schieferartige Gebilde und namentlich in Thonschiefer mit Versteinerungen sich umsetzt. Schon

aus dieser Schichtenfolge, wie aus anderen Erscheinungen und namentlich auch aus der Gegenwart von Versteinerungen, die, wenn auch höchst selten, in ächten Glimmerschiefern sich finden, geht hervor, dass diese wohl alle zu den metamorphischen Gesteinen gehören dürften und dass sie erst durch spätere Einwirkung in den krystallinischen Zustand übergeführt wurden, der ihnen von Anfang an nicht zukam. Uebrigens geht aus ihrer Structur, sowie aus der Bildung der von Glimmerschiefer zusammengesetzten Gebirgsstöcke deutlich hervor, dass dieselben niemals in feuerigem Flusse gewesen sein können, da die Glimmerschiefermassen im Grossen lange scharfe Kämme und Gräten bilden, deren Durchschnitt eine spitze Pyramide darstellt, an welcher gewöhnlich die eine, dem inneren Centralkerne zugekehrte Wand auf ihrem senkrechten Absturze die Schichtenköpfe zeigt, während die andere Wand der Pyramide dem Abfälle der Schichten entspricht. Eingesprengte Mineralien finden sich in den Glimmerschiefern äusserst häufig, wie denn auch namentlich auf der Grenze zwischen ihnen und den Gneissen sich die hauptsächlichsten Erzgänge und metallischen Ablagerungen finden. Von besonderer Wichtigkeit sind unter diesen eingesprengten Mineralien der Feldspath, der Chlorit und der Talk, indem durch die allmälige Anhäufung dieser mineralischen Elemente der Uebergang in Gneiss, Chloritschiefer und Kalkschiefer bedingt wird. Andererseits kommen, wenn auch seltener, durch Anhäufen von Quarz und Kalk, Uebergänge in Quarzite und schiefrige Kalke vor.

Der Chloritschiefer ist ein dickschiefriges, mehr oder minder dunkelgrünes, sehr weiches und mildes Gestein, in welchem der Glimmer nach und nach durch Chlorit ersetzt wird. Er findet sich hauptsächlich in der Nähe der Serpentingesteine und steht etwa in demselben Verhältnisse zu diesen, wie der Glimmerschiefer zu den gewöhnlichen Graniten. Indessen finden sich mannigfaltige Uebergänge zu den Glimmerschiefern sowohl, wie zu den Talkschiefern vor. §. 225.

Der Talkschiefer (*Stéaschiste*) zeichnet sich vor den übrigen Schiefergattungen durch den eigenthümlichen Fettglanz und das weiche, seifenartige Anfühlen aus, welches allen Talkgesteinen zukommt. Er ist ein Gemenge von Talk und Quarz, meist grünlich oder graulich und steht etwa in demselben Verhältniss zu den talkhaltigen Graniten oder Protoginen, wie die gewöhnlichen Glimmerschiefer zu den Graniten. Gewöhnlich herrscht der Quarz in diesen Schiefern etwas vor; — in anderen Fällen aber ist der Talk durchweg schuppig und blätterig und dann erhält man eine undeutlich schiefrige weiche Masse, welche unter dem Namen Topfstein (*Pierre ollaire* oder Lavezstein) bekannt ist und als vortreffliches Material zu sehr leichten, festen und feuerbeständigen Töpfen dient. Dieser Topfstein wird namentlich in der Dauphiné und in Chiavenna bearbeitet. Mittelst besonderer In-

strumente schneidet man einen Block dieses Topfsteines in der Weise, dass stets ein Schnitt um den anderen concentrisch herumgeht und spaltet dann die Masse durch einen geschickt angebrachten Hammerschlag so, dass der Stein in eben so viel in einander geschachtelte Töpfe aus einander springt, als man Schnitte vorgezeichnet hat.

§. 226. Der Kalkglimmerschiefer oder Blauschiefer, der zuerst von Saussure unterschieden wurde, findet sich hauptsächlich in den Centralalpen, sowie in den Alleghanies in Nordamerika und ist ein schiefriges Gestein, in welchem Kalk und Quarz eine körnige Grundmasse bilden, die durch schuppigen Glimmer die tafelförmige Spaltbarkeit erhält. Der Quarz des Glimmerschiefers wird also in diesem Gesteine nach und nach durch Kalk ersetzt, und in der That findet man dann Uebergänge, wo der Kalk mehr und mehr zunimmt, der Glimmer zurücktritt und die Schichten endlich in Kalkschichten übergehen, die nur wenige Glimmerschüppchen noch enthalten.

Auf der anderen Seite gewinnt der Quarz zuweilen die Oberhand in dem Glimmerschiefer und es entstehen dann sehr harte durchscheinende Gesteine, die in mannigfachen Uebergängen zwischen den Glimmerschiefern einerseits und den reinen Quarzfelsarten andererseits spielen. Ein solches Zwischengestein ist unter dem Namen Aventurin bekannt, und es ist nicht selten, namentlich in den Alpen, eine Bank von Glimmerschiefer zu sehen, welche allmälig sich in reinen Quarzfels umwandelt.

9. Quarzgesteine.

§. 227. Der Quarzit oder Quarzfels, dessen allmälige Uebergänge aus dem glimmer- oder feldspathhaltigen Mineralien man fast überall leicht verfolgen kann, erscheint unter mehrfachen Gestalten, obgleich er stets nur seiner grössten Masse nach oder auch gänzlich aus reiner Kieselerde besteht. Die Masse des Quarzites ist gewöhnlich weiss; nur zuweilen graulich, röthlich oder gelblich, die Structur bald dicht, bald feinkörnig, bald schiefrig, so dass von hyalinisch durchscheinenden Massen bis zu Quarziten, die deutlich aus einzelnen Körnern bestehen und bei der Verwitterung in unzusammenhängenden Sand zerfallen, alle möglichen Zwischenstufen sich finden. Zuweilen erscheinen die Quarzite sogar porphyrisch, namentlich an solchen Stellen, wo sie aus Feldspathen hervorgehen, wo dann der Feldspath einzelne Krystalle in der Quarzmasse bildet.

Eine besondere Varietät des Quarzites stellt der Itakolumit oder Gelenkquarz dar, der namentlich in Brasilien sehr verbreitet ist, dann aber auch am Ural vorkommt und überall sich dadurch auszeichnet, dass er die wahrhafte Lagerstätte der Diamanten bildet, die man gewöhnlich in den Geröllen dieses Gesteines aufsucht. Der Ita-

kolumit ist ein feinkörniger Quarz, in dessen Masse die Quarzkörner überall von Lamellen umgeben werden, so dass die dünnen Platten, in welche sich das Gestein spaltet, eine elastische Biegsamkeit haben.

Mit ihm am nächsten verwandt sind mancherlei Schichten, die besonders in Sandsteingebieten als Einlagerungen zwischen den übrigen Sandsteinen sich finden und wo die krystallinischen Quarzkörner ebenfalls wieder durch Quarzmasse mehr oder minder mit einander verbunden sind.

Wesentlich verschieden von den Quarziten sind die eigentlichen §. 228.
Kieselschiefer, da in diesen diejenige Varietät des Quarzes ausgebildet ist, welche die Flintensteine und Kiesel bildet, die man meistens mit dem Namen Hornstein bezeichnet. Die Kieselschiefer bilden splitterige, sehr harte, unschmelzbare Gesteine von schmutzig weisser oder grauer Farbe, welche oft fleckig und flammig werden, gewöhnlich sehr ausgezeichnet geschichtet und in dünnen Platten auf einander gelagert sind, wobei sie die seltsamsten Windungen annehmen. Sie finden sich besonders häufig als Einlagerung zwischen Thonschiefern, zu welchen sie mannigfaltige Uebergänge bilden, und einzelne Varietäten von ihnen enthalten nicht selten eine bedeutende Quantität von Kohle, die ihnen eine schwarze Farbe verleiht.

Die Flint- oder Feuersteine treten nur selten in Form von §. 229.
schmalen Schichten, am häufigsten dagegen als isolirte rundliche Knollen, namentlich in der weissen Kreide auf und zeigen einen vollkommen muscheligen, schimmernden Bruch, graue, gelbe oder schwärzliche Hornfarbe und scharfkantige Bruchstücke, die an den Ecken durchscheinend sind. Im Inneren ist die Masse fast homogen, während die äusseren Schichten dieser Kiesel wolkig, unrein werden und nach und nach in eine erdige Masse übergehen, die sich allmälig mit der umgebenden Kreide vereinigt. Die organischen Körper, welche in der Kreidemasse abgelagert wurden, bieten meistens die Anhaltspunkte für diese Knollen von Kieselerde, und viele Feuersteine sind nichts Anderes als Anhäufungen von Kieselschalen mikroskopischer Pflänzchen und Thierchen, welche durch eine gleichförmige Kieselmasse zusammengebacken sind. Die sogenannten Kieselguhre, lose, feinpulverige, sandartige Massen von weisser Farbe und höchst feinem Pulver, sind fast reine Ansammlungen solcher mikroskopischer Kieselschalen, die indessen nicht zusammengebacken sind, und in dem Trippel wird das kieselige pulverige Element, welches mit Thon gemischt ist, ebenfalls aus solchen mikroskopischen Schalen gebildet.

Der Mühlstein (Süsswasserquarz, Limnoquarzit, *Quarz meulière*) §. 230.
bildet eine eigene Abart der Quarzite, wo innerhalb einer harten, zelligen und porösen Quarzmasse noch festere Concretionen von Quarz, Halbopal oder Chalcedon eingeschlossen sind, die meistens eine rund-

liche Mandelform besitzen. Die Schichtung dieser Massen ist gewöhnlich undeutlich, ihre Farbe grau und mancherlei Einschlüsse, wie Pflanzenabdrücke und verkieselte Süsswassermuscheln, weisen darauf hin, dass diese Massen am Grunde von Seen oder Teichen, zwischen Thon und Sand, innerhalb dem sie sich gewöhnlich finden, abgelagert wurden. Man benutzt die härteren Varietäten besonders als Mühlsteine, wozu sie der härteren Knoten in einer schon harten Grundmasse wegen besonders geeignet erscheinen.

§. 231. Als besondere Quarzite können wir noch den Jaspis anführen, der durch seine hellen Farbenbänder sich besonders auszeichnet und namentlich in der Nähe von Sandsteinen, die mit Graniten in Berührung sind, oder wie in Oberitalien als Begleiter der Serpentine zu finden ist; ferner den Prüfstein, der durch seine schwarze Farbe und eigene feine Rauhigkeit von den zu probirenden edlen Metallen winzige Partikelchen abreibt, so dass die Farbe des Striches auf der schwarzen Unterlage, den Gehalt der Legirungen an Gold, Silber und Kupfer approximativ angiebt; — den Halbopal, der in der böhmischen Tertiärformation und in Ungarn kleine Stöcke von schiefriger Structur bildet, in welchen man häufige Versteinerungen findet; und endlich den Hornstein, der fast immer poröse Massen von seltsam rauhem und knorrigem Ansehen bildet, die besonders in Sachsen in der Nähe der Serpentine sich häufiger finden.

10. Kalkgesteine.

§. 232. Der kohlensaure Kalk gehört zu den wenigen Mineralspecies, welche für sich allein grosse Massen von Gebirgen und mannigfaltige, eigenthümliche Felsarten bilden, bei deren Unterscheidung man wesentlich die Aggregationszustände in das Auge fassen muss. Wir rechnen indess zu den Kalkgesteinen auch solche Massen, bei welchen, wie bei den Dolomiten, noch andere Bestandtheile hinzutreten, der kohlensaure Kalk aber immer die Hauptmasse des Ganzen bildet. Alle Kalkgesteine sind geschichtet oder waren wenigstens ursprünglich geschichtet und haben diese Schichtung erst durch spätere Einflüsse eingebüsst; die meisten enthalten Versteinerungen, viele in solcher Menge, dass die ganze Masse nur aus den fossilen Körpern hergestellt erscheint. Alle lösen sich unter Aufbrausen in stärkeren Säuren auf, wobei sie ihre fremdartigen Bestandtheile zurücklassen.

Krystallinische oder körnige Kalksteine haben meist ein eigenthümliches Aussehen, welches die Masse wie Zucker erscheinen lässt. Das Korn dieser Kalksteine ist sehr verschieden, ebenso ihre Härte und Zähigkeit. Bekanntlich unterscheiden sich die verschiedenen Marmorarten, welche den Typus der krystallinischen Kalksteine bilden, ausserordentlich in dieser Hinsicht; meist sind diese Gesteine weiss,

spielen aber auch in das Graue und Röthliche, und unter besonderen Umständen (wie es scheint, wenn sie der Infiltration organischer Substanzen ausgesetzt gewesen sind), bieten sie auch schwärzliche Farben dar. Der Bruch dieser krystallinischen Kalksteine ist glänzend, stark schimmernd, die Körner mehr oder minder durchscheinend, und der Marmor, seines Gebrauches zur Bildhauerarbeit wegen, um so mehr geschätzt, je weisser seine Farbe und je durchscheinender und gleichförmiger sein Korn ist. Fremde Mineralien finden sich sehr häufig eingesprengt, namentlich beobachtet man öfter Bleiglanz, Eisenkies, Schwerspath oder Glimmerblättchen in der Masse. Der Glimmer nimmt zuweilen überhand, wodurch dann Uebergänge zu dem erwähnten Blauschiefer gebildet werden; — in anderen Fällen nimmt der Gehalt an Kohlenstoff oder an brenzlichen Substanzen in dem Kalksteine so zu, dass er ganz schwarz wird und beim Schlagen stinkt, in welchem Falle man ihn öfter Anthrakonit genannt hat. Meistens scheint der Marmor das Resultat einer späteren Umänderung eines ursprünglich geschichteten Kalksteines zu sein, dessen Schichtung und Versteinerungen sich mehr oder minder verloren haben, so dass der weisse Marmor stockartige Massen bildet, welche unregelmässig sich zerklüften.

Den Uebergang von den krystallinischen Kalksteinen zu den concretionirten bildet der Alabaster, dessen kleine rundliche oder krystallinische Körner in einer homogenen Masse eingebacken und wie eingeschmolzen liegen, wodurch eine starke Durchscheinenheit und meist wellenförmige, helle Farbenzeichnung entsteht. Die Kalksinter, welche sich in Leitungsröhren, in Höhlen und an ähnlichen Orten als Stalaktiten absetzen, haben dieselbe Structur und zuweilen nur einen flaserigen Bruch, der auf die ursprüngliche krystallinische Structur hinweist. Der Alabaster ist meistens ziemlich weich und lässt sich leicht verarbeiten, seine glasartige Masse ist aber stets durchscheinend, nicht so hellweiss wie Marmor, und seine Politur behält immer etwas Mattes und Fettartiges, so dass er ein bei Weitem weniger geschätztes Material darstellt. §. 233.

Der Oolithenkalk stellt eine eigenthümliche Form des concretionirten Kalkes dar. Er besteht aus lauter kleinen, kugelförmigen, zusammengebackenen Körnern, die zuweilen mehrere schalenförmige Hüllen darbieten und nicht übel dem Laiche gewisser Fische gleichen, daher der Name. Zuweilen werden diese eierähnlichen Körner so gross wie Erbsen, meist aber zeigen sie sich nur stecknadelkopfgross, mit einer grossen Menge von Fossilien untermengt. Die Oolithenkalke sind ungemein weit verbreitet und erscheinen deshalb unter sehr verschiedenem Ansehen; meist sind sie ziemlich hart, fest und zeigen einen compacten, körnigen Bruch. Die Oolithe geben meist sehr gute Bausteine ab; ihre Farbe ist gelblich, zuweilen bläu- §. 234.

lich oder blaugrau; in den jurassischen Gebilden namentlich treten sie in grossen Massen auf.

§. 235. Die Kreide zeigt einen erdigen Bruch, kaum körnige Beschaffenheit und scheint, nach Ehrenberg's Beobachtungen, fast einzig aus mikroskopischen Schalen kleiner mikroskopischer Urthiere, der Polythalamien oder Rhizopoden, zu bestehen. Die Schalen dieser Thiere, die man auch Foraminiferen genannt und irrthümlich unter die Cephalopoden, in die Nähe der Dintenfische und der Sepien gesetzt hat, finden sich in ungeheurer Menge in der Kreide nicht nur, sondern auch in anderen ähnlichen Felsarten, und es wird immer wahrscheinlicher, dass aller Kalk, der concretionirte und der krystallinische ausgenommen, nur aus Theilen fossiler Thiere besteht, und somit die Alten mit dem Axiome „*omnis calx ex vivo*" Recht hatten. Man unterscheidet, je nach dem verschiedenen ökonomischen Gebrauche, verschiedene Arten von weisser Kreide, die aber meist nur zu der grösseren oder geringeren Menge von sandigen Massen oder zu der Festigkeit derselben Bezug haben.

Die Kreide mengt sich mit manchen anderen Bestandtheilen, mit Thon sehr oft, in anderen Fällen mit Chlorit, wo man sie unter dem Namen der chloritischen Kreide (Glauconit) unterschieden hat. Die chloritische Kreide ist meist sandig, mit vielen Quarztheilen gemengt, grünlich, gelb, selbst schwarz und untauglich zu ökonomischem Gebrauche.

§. 236. In den sogenannten compacten Kalksteinen, welche grosse Länderstriche und ganze Gebirgsketten bilden und meistens grau, weiss oder gelblich sind, erscheint die Masse zwar vollkommen dicht oder feinkörnig, so dass sie einen muscheligen Bruch hat; wenn man sie aber unter dem Mikroskope untersucht, so sieht man, dass sie in der That nur ein Aggregat von einer Unzahl feiner Kalkspathkrystalle ist, welche sich nach allen Richtungen kreuzen. Der bekannte lithographische Schiefer von Solenhofen in Baiern liefert das beste Beispiel eines solchen vollkommen dichten und homogenen Kalksteines, der dennoch bei starker Vergrösserung nur aus Spathkryställchen zusammengesetzt erscheint. Eingesprengte Mineralien finden sich nur äusserst selten, dagegen sehr häufig Versteinerungen aller Art und oft Gänge und Adern, die gewöhnlich mit grobem krystallisirtem Kalkspathe, zuweilen auch mit Quarz angefüllt sind. Theils durch die Häufung dieser angefüllten Gänge und Adern, theils durch die zahlreichen Versteinerungen, die mit Spath gefüllt sind und oft die seltsamsten Figuren bilden, entstehen dann jene Steinarten, welche man im gemeinen Leben ebenfalls als Marmore bezeichnet und die oft ebenfalls ihrer Härte wegen eine ausgezeichnete Politur annehmen. Man kann diese falschen geäderten Marmorarten auf der Stelle an den verschiedenfarbigen, sie durchziehenden Bändern, an der Ungleichför-

migkeit ihres Kornes und, wenn sie einfarbig sind, an der Undurchsichtigkeit ihrer Substanz erkennen, während die ächten krystallinischen Marmorarten stets an ihren Rändern etwas durchscheinend sind. Zuweilen finden sich Kalksteine, in welchen eine Menge von eckigen Bruchstücken oder Geröllen von Muscheln und anderen Petrefacten so angehäuft sind, dass die dichtere Kalkmasse, welche sie verbindet, fast gänzlich dagegen verschwindet. Man nennt solche zusammengebackene Haufen von Fragmenten und zersplitterten Versteinerungen, welche gewöhnlich unter dem Einfluss starker Strömungen und Brandungen sich gebildet haben, Breccien- oder Lumachellenkalk.

In vielen Fällen wird der compacte Kalkstein ebenso wie der krystallinische von Erdöl und Bitumen durchdrungen, so dass er einen wahren Stinkstein bildet. An einzelnen Orten, wie zu Seyssel in Frankreich, Val de Travers in der Schweiz, Hall in Tyrol, häuft sich das Erdpech so innerhalb der Kalksteine an, dass der Kalkstein theils direct zu wasserdichtem Mörtel verwendet, theils auch ausgesotten werden kann, oder mit Sand und flüssigerem Erdöl gemischt, zu Trottoirs und anderen Belegungsmassen verarbeitet werden kann. In seltenen Fällen findet sich statt dieses Erdpechs reine Kohle oder Anthracit, wodurch der Kalkstein dann eine gänzlich schwarze Farbe ohne bituminösen Geruch erhält und als schwarzer Marmor verarbeitet wird, in dessen Masse weisse Spath- und Quarzadern oft sehr gefällige Zeichnungen hervortreten lassen.

Die Uebergänge der compacten Kalksteine in andere Gesteine §. 237.
sind äusserst mannigfaltig und gehen meist daraus hervor, dass zu dem Kalke Thon, Kieselerde oder Magnesia treten. Ausserdem zeigen sich noch manche andere Abweichungen, welche durch die Structur bedingt werden. So ist der Grobkalk eigentlich nur eine Abart des compacten Kalksteines, von dem er sich durch ein zelliges, maschiges Wesen unterscheidet; die vielen grösseren und kleineren Löcher in diesem Kalksteine rühren meist von Versteinerungen her, die nach und nach verloren gegangen sind, und das Ganze bildet dann eine grobkörnige, unreine, weissliche, gelbliche oder bräunliche Masse, die indess trotz der vielen Höhlungen eine bedeutende Festigkeit besitzt und als Baustein deshalb und ihrer leichten Bearbeitung wegen sehr geschätzt ist.

Noch weiter geht die Porosität in den Süsswasserkalken, in welchen sich meist eine Menge feiner Löchlein finden, die gewöhnlich röhrenförmig nach oben in senkrechter Richtung verlängert sind und darauf hindeuten, dass diese Kalksteine in seichten sumpfigen Teichen und Seen abgelagert wurden, wo eine beständige Gasentwickelung vom Boden aus stattfand, wie wir dies jetzt auch noch in Tümpeln und Teichen wahrnehmen. Die Luftbläschen, welche emporstiegen, drängten sich durch die halbweiche Absatzmasse hindurch und

liessen so diese feinen Röhrchen und Löchelchen zurück, deren Zahl noch dadurch vermehrt wird, dass die Wasserfäden und Algen und alle die sonstigen Pflänzchen, welche auf dem Boden solcher Gewässer sich finden, ebenfalls von dem abgesetzten Kalkschlamme umschlossen wurden und nachher allmälig aus der Masse herausfaulten. Meist finden sich in diesen Süsswasserkalken eine Unzahl von Versteinerungen, die von Süsswasserschnecken und Muscheln und von kleinen Schalenkrebsen herrühren, welche solche Gewässer bevölkern.

An manchen Orten haben sich diese Süsswasserkalke als sogenannte Travertine entwickelt, dichte, gelblichweisse Kalksteine von grosser Festigkeit, welche vielfache parallele Blasenräume einschliessen und sehr häufig eine concentrisch schalige Structur zeigen, indem sie sich um Kieselconcretionen oder Pflanzenstellen absetzen. In anderen Fällen nehmen die Blasenräume so zu, dass die ganze Textur des Gesteines schwammig erscheint, in welchem Falle man es dann als Tuff oder Trass bezeichnet; trotz des grossen Ueberhandnehmens der Höhlungen in ihrer Masse sind diese Trasse dennoch oft sehr fest und werden, da sie der Verwitterung durchaus nicht ausgesetzt sind und das Wasser überall durchlassen, besonders zu solchen Bauten benutzt, wo man trockene und feste Erdmauern aufführen will.

§. 238. Durch Aufnahme von Thonerde wird der Kalkstein gewöhnlich schiefrig und geht so allmälig in die Kalkschiefer über, die meistens sich durch eine eigenthümliche wellenförmige Structur auszeichnen. Der Kalkstein bildet nämlich flache Wülste oder Linsen, um welche der Thonschiefer so herumgezogen liegt, dass das ganze Gestein als ein Conglomerat aus wellenförmigen Platten erscheint, deren Zwischenräume mit Kalklinsen ausgefüllt sind; meist ist die Absonderung dieser Masse durchaus blätterig, in anderen Fällen aber sind Kalk und Schiefer mit einander verschmolzen und bilden dann dickere Platten, die, wenn sie gehörig fest sind, als geäderter Marmor ausgebeutet werden.

Nimmt der Kalkstein Thon in seiner Masse auf, so wird er meist grau, sein Bruch fein erdig matt, der Geruch beim Anhauchen oder Befeuchten thonig, und beim Behandeln mit Säure bleibt ein bedeutender Rückstand. Je mehr das Verhältniss der Thonerde zunimmt, desto weicher und leichter verwitterbar werden diese Mergelkalksteine, die oft im Inneren der Massen noch vollkommen fest erscheinen, an der Luft aber nach kurzer Zeit in graue oder blaue Erde zerfallen, welche sich mit Wasser zu einem kurzen Teige anrühren lässt und unter dem Namen Mergel bekannt ist. Durch das Aufbrausen mit Säuren lassen sich diese Mergel stets leicht von den eigentlichen Thonen unterscheiden.

Fast alle Süsswasserkalke enthalten schon eine gewisse Quantität Kieselerde; nimmt dieselbe stark zu, so entsteht der sogenannte Kie-

selkalkstein, welcher meist eine zellige oder röhrige Structur hat, hart und klingend ist und eine Menge von Quarz auf allen Oberflächen seiner inneren Höhlungen ausgeschieden zeigt. Er geht unmerklich in den Süsswasserquarz über und wird sehr häufig wie dieser zu Mühlsteinen benutzt.

In den meisten compacten Kalksteinen findet sich eine geringe Quantität von Magnesia, die aber oft in so bedeutender Menge zunimmt, dass dadurch ein besonderes Gestein gebildet wird, welches man Dolomit genannt hat. Die ächten Dolomite bestehen aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia, die in der Weise zu einem Doppelsalze verbunden sind, dass beide Basen gleiche Mengen von Sauerstoff enthalten, ein Verhältniss, welches dem Gewichte nach etwa durch 46 Procent kohlensaure Magnesia und 54 Procent kohlensauren Kalk dargestellt wird. In vielen Fällen können wohlgeschichtete Gesteine von dieser Zusammensetzung, die also wahre Dolomite sind, nur durch die chemische Analyse von compacten Kalksteinen unterschieden werden, und es unterliegt dann keinem Zweifel, dass diese Dolomite, welche auch, wie die übrigen Kalksteine, viele Versteinerungen enthalten, wirklich in diesem Zustande und in dieser Zusammensetzung aus dem Wasser abgeschieden wurden. §. 239.

In anderen Fällen kommen durchaus compacte Dolomite vor, welche einen erdigen Bruch, graue, gelbe oder braune Farbe haben, sich von den compacten Kalken nur durch eine gewisse Rauhigkeit im Anfühlen unterscheiden und in ihrem Inneren häufig kleine Höhlungen enthalten, die mit feinkörniger pulveriger Substanz ausgefüllt sind. Diese Höhlungen nehmen zuweilen so zu, dass daraus die sogenannte Rauchwacke entsteht, eine blasige, zellige, zerfressene Masse, die oft bituminös und stinkend ist und aus deren Höhlen gewöhnlich der zu Sand und Asche zersetzte Dolomit durch die Tagwasser ausgewaschen ist.

Am interessantesten in geologischer Beziehung sind die krystallinischen Dolomite, welche oft täuschend den krystallinischen Kalken gleichen, wie diese einen glänzenden perlmutterartigen Bruch zeigen, aber meist eine besondere Rauhigkeit fühlen lassen, welche von einer eigenthümlichen Anordnung der kleinen Krystalle herkommt, die ihre Substanz zusammensetzen. Diese Krystalle nämlich haben meist zugespitzte Enden und gruppiren sich so unter einander, dass stets einige mit ihren Spitzen um einen Mittelpunkt stehen. Es entstehen dadurch kleine von Spitzen umstarrte Höhlungen, die fast den Krystalldrusen im Kleinen gleichen, wenn auch mit dem Unterschiede, dass hier die Krystalle nicht auf der Wand der Druse angeheftet sind, sondern vielmehr, dass sie aus der Masse des Gesteines selbst hervorragen. Diese eigenthümliche Anordnung der Krystalle im Dolomite wird durch die Verwitterung, wenn sie nicht zu gänzlichem Zerfallen führt, noch deut-

licher, und da bei dieser anfänglichen oberflächlichen Verwitterung die Krystalle noch mehr hervortreten, so wird dadurch auch die ursprüngliche Rauhigkeit noch vermehrt. Der Dolomit spaltet und zerklüftet sich leicht, die aus ihm gebildeten Berge gleichen oft einem Haufen von Zuckerstücken, die unregelmässig auf einander geschüttet wurden. Es scheint, als ob diese Zerklüftung eine einfache Folge jener chemischen Umwandlung des ursprünglich abgelagerten Kalksteines in Dolomit sei, wo die Hälfte der Kalkerde durch Bittererde ersetzt wurde, die ein geringeres Volumen einnimmt, wodurch also nothwendig hohle, leere Räume und endlich Klüfte entstehen mussten. Die Farbe der Dolomite, deren Korn und Consistenz sehr verschieden sein kann, ist meistens weiss, zuweilen schwärzlich. Im Verhältniss zu den Kalken sind die Dolomite nur wenig entwickelt, wenn auch für den Geologen, eben dieser scheinbaren Umwandlung und Ersetzung der Kalkerde durch Bittererde wegen, von dem höchsten Interesse. Fossile findet man nur selten im Dolomite, meist nur ihre Abgüsse; die etwa erhaltenen Schalen enthalten an einzelnen Orten ebenfalls Bittererde, ein Beweis, dass diese später in das Gestein eingeführt wurde, da die Schalen und Knochen der Thiere sonst nur wenige Bittererde enthalten.

Es giebt schiefrige Dolomite, die ihr Ansehen namentlich einer bedeutenden Beimischung von Talk verdanken, wodurch sie ein glänzendes Aussehen und glatte Absonderungsflächen erhalten. Die talkigen Dolomite des Gotthard, welche eine Lagerstätte der mannigfaltigsten Mineralien bilden, gehören dieser Felsart an.

11. Gypsgesteine.

§. 240. Der schwefelsaure Kalk erscheint in der Natur unter zwei Formen, als wasserfreier schwefelsaurer Kalk, als Anhydrit, oder als schwefelsaures Kalkhydrat, als Gyps, welcher sich nur dadurch chemisch von dem Anhydrit unterscheidet, dass er 21 Proc. Wasser enthält.

Der Anhydrit gleicht in seinem äusseren Ansehen sehr dem krystallinischen Kalk, dessen Structur und Farbe er hat, unterscheidet sich aber sogleich durch sein Verhalten gegen Säuren, indem er nicht aufbraust. Er ist merkwürdig besonders in technischer Hinsicht durch seinen Gehalt an Steinsalz, welches fast nie fehlt, und oft in so grosser Menge darin vorkommt, dass es mit Vortheil daraus gewonnen werden kann. Oft bildet das Steinsalz mehr oder minder compacte isolirte Massen darin, meist aber ist es in der ganzen Substanz zerstreut und nur durch Auslaugung darstellbar.

In den Thonmergeln findet man häufig sogenannte Trippsteine, eigenthümlich gewundene Concretionen, die aus Anhydrit bestehen und etwa den Silexconcretionen in der Kreide verglichen werden können.

Das Hydrat des schwefelsauren Kalkes, der Gyps, ist weit häufiger als der Anhydrit, zumal da letzterer bei längerem Aussetzen an der Luft und bei Aufnahme von Wasser sich in Gyps umwandelt. Es giebt Gypsbrüche, welche eigentlich in Anhydrit angelegt sind, die man eine Zeit lang ausbeutet und dann ruhig der Einwirkung der Atmosphäre überlässt, welche allmälig die oberflächlichen Anhydritschichten in Gyps wandelt. Es scheint sogar wahrscheinlich, dass der meiste Gyps, den man jetzt findet, sich ursprünglich als Anhydrit bildete. Meist ist der Gyps krystallinisch, saccharoidisch; zuweilen faserig oder schiefrig. In anderen Fällen mischt er sich mit kohlensaurem Kalk in verschiedenen Proportionen, und bald sind diese Kalke, wie in den Alpen, unächte Marmorarten, bald selbst, wie in der Nähe von Paris, sehr reich an Fossilen. §. 241.

12. Steinsalz.

Das Steinsalz bildet meist eine durchscheinende hyalinische Masse von metallischem Atlasglanz, die aus verwirrt durch einander gelagerten Krystallen besteht und meistens eine rein körnige, zuweilen auch blätterige oder faserige Structur zeigt. Es ist gewöhnlich durch etwas schwefelsauren und salzsauren Kalk und Bittererde verunreinigt und muss deshalb zu dem ökonomischen Gebrauche meist umkrystallisirt und gereinigt werden; zudem ist es in der Natur nur selten ungefärbt, sondern meist gelblich, grün, blau oder violett, und bietet zuweilen in seinem Inneren Höhlungen, die von Wasser angefüllt sind, in welchem eine kleine Luftblase schwimmt. Selten nur enthält das Steinsalz Versteinerungen, doch hat man an einigen Orten Infusorien, Rhizopoden, ja selbst Muscheln und Schnecken darin nachgewiesen, und oft enthält es einen kleinen Antheil von Erdpech. Zuweilen bildet das Steinsalz für sich allein imposante Massen, Stöcke und Lager, gewöhnlich aber ist es unregelmässig in Bänder, Schichten oder Knollen zwischen Gyps, Anhydrit, Thon und Mergel abgelagert. Die Hauptlagerstätte des Steinsalzes findet sich in dem triasischen System, welches auch deshalb häufig den Namen des Salzgebirges erhalten hat, was indess nicht ausschliesst, dass Steinsalz auch in anderen Formationen vorkommen kann, wie denn die gewaltigen Ablagerungen von Wieliczka in der Tertiärformation sich finden. §. 242.

13. Eisensteine.

Die Eisenerze kommen in den verschiedensten Formen und Zusammensetzungen vor, und obgleich sie nur selten grössere Massen oder gar eigenthümliche Berge bilden, so sind sie doch einestheils so wichtig für die Industrie, und anderentheils wirklich so bedeutend hin- §. 243.

sichtlich ihres Antheiles an der Bildung der Erdrinde, dass sie hier nicht mit Stillschweigen übergangen werden können.

§. 244. Der Spatheisenstein oder Braunkalk bildet für sich allein hier und da einzelne Hügel und liefert unmittelbar ein schmiedbares Eisen, so dass man ihn auch Stahlerz genannt hat. Er besteht hauptsächlich aus kohlensaurem Eisenoxydul, meist mit Kalk, Kieselerde und Silicaten gemengt und verunreinigt. Er ist meist compact, mehr oder weniger fest und körnig, zuweilen selbst blätterig oder krystallinisch und schmilzt vor dem Löthrohre in braunrothe Körner, die den Magnet anziehen. In der Steinkohlenformation findet er sich sehr häufig in Form von Nieren und Nestern, die zuweilen so zusammenfliessen, dass sie förmliche Schichten bilden. Sein Bruch ist dann erdig, die Farbe grau metallisch, das Pulver gelblich. Diese Eisennieren (*Fer en rognons*) haben oft eine mit krystallinischen Massen ausgekleidete Höhlung im Inneren. Zuweilen findet sich der Spatheisenstein in ähnlichen Verhältnissen, dem Kalksteine gegenüber, wie der Dolomit, und scheint dann nur eine nachträgliche Metamorphose des Kalkes zu sein. In den Klüften und Spalten, die er als Gangmasse ausfüllt, findet er sich in krystallinischer Masse.

§. 245. Der Magneteisenstein findet sich meist im Gneisse in Form von Bänken und platten Gängen, und ist von allen Eisenerzen dasjenige, welches zur Stahlbereitung am meisten geschätzt wird. Schweden und Norwegen haben die bedeutendsten Massen dieses Gesteines. Es besteht aus einer Mengung von Eisenoxydul und Eisenoxyd, die compacte, blätterige oder krystallinische Massen bildet, eine schwärzliche Farbe hat und meist nicht nur sehr stark vom Magnet angezogen wird, sondern auch selbst magnetisch ist.

§. 246. Das Eisenoxyd stellt sich bald als blätterige Masse von grauer Farbe und starkem Metallglanze dar, wo es Eisenglanz oder Eisenglimmer genannt wird, bald als Thoneisenstein oder Blutstein, wo es compact erdig, von braunrother Farbe ist und sehr häufig nur als erdige, zerfallende Masse in den Gängen sich findet.

Im letzteren Falle verbindet es sich meist in mehr oder minderer Quantität mit Thonerde, wo es dann die weiche Textur der festeren Mergelarten erhält und als Rothstift benutzt wird. Die bekannte Siegelerde von Lemnos gehört zu diesen Blutsteinen.

In ähnlicher Weise verbindet sich auch der Eisenglimmer zuweilen mit Kieselerde und bildet schiefrige Massen, die aber nur durch ihren grösseren Gehalt an Eisen sich von den gewöhnlichen Kieselschiefern unterscheiden.

§. 247. Das Bohnerz (Raseneisenstein, *Fer pisolitique*) findet sich sehr häufig in fast allen Formationen in Form kleiner Körner, die meist eine concentrisch schalige Structur zeigen und in ihrer Grösse von derjenigen eines Stecknadelknopfes bis zu der einer Faust und mehr

wechseln. Die Bohnerze scheinen in einigen Gegenden das Product heisser Quellen zu sein; an anderen Orten finden sie sich namentlich in Torfen, Sumpfgegenden, und sind dann oft durch Anhäufungen kleiner Pflanzen, Gaillonellen, hervorgebracht.

Die Eisenkiese (*Pyrites de fer*), unter welchen man meist zwei Arten, den goldgelben Schwefelkies und den weisslichen Wasserkies, unterscheidet, finden sich in Gängen in krystallinischer Form, und enthalten meist andere Metalle eingesprengt, denen zu Liebe sie ausgebeutet werden. §. 248.

14. Fossile Brennstoffe.

Die fossilen Brennmaterialien bilden zwar eigentlich keine besonderen Gesteine; da aber ihr Gebrauch so wichtig und ihre Aufsuchung und Gewinnung in unseren Tagen von den grössten Folgen für die Industrie und Wohlhabenheit eines Landes ist, so erscheint es nöthig, hier kurz auf die verschiedenen Arten derselben einzugehen, um so mehr, als einige derselben wirklich in bedeutender Masse in die Structur der Erdrinde mit eingehen. §. 249.

In den Torfen unterscheidet man meist noch die pflanzliche Structur. Sie bilden bräunliche oder schwärzliche erdige Massen, in welchen die Pflanzensubstanz meist in Humussäure umgewandelt ist, und ihre tägliche Entstehung beweist, dass sie namentlich aus Moosen und Gräsern, mithin aus holzlosen Pflanzen und deren Wurzeln sich bilden, was indess nicht ausschliesst, dass man oft darin auch Bruchstücke grösserer Sträuche und Bäume trifft. Die Torfe brennen meist mit Flamme und Hinterlassung einer leichten Kohle, die bald in braune, eisenhaltige Asche zerfällt. Bei der Destillation geben sie Essigsäure, eine Art Oel und brennbare Gase in geringer Quantität. Man findet sie in grosser Menge besonders in den nördlichen Gegenden in Becken, wo die Gewässer nicht gehörigen Abfluss haben. §. 250.

Die Braunkohle (*Lignite*) zeigt schon älteren Ursprung als der Torf, und somit auch wesentlichere Veränderungen. Sie bildet oft ziemlich mächtige Schichten, in welchen man oft noch die Form der Baumstämme, die Früchte, stets die Structur des Holzes wieder erkennt. Meist ist durch die Compression eine blätterige Absonderung bemerklich, die Farbe gewöhnlich schwarzbraun erdig; zuweilen ist die Braunkohle in eine förmliche erdige Masse zersetzt (Umbererde), in anderen Fällen ähnelt sie im Gegentheile durch einen harzigen Glanz der Steinkohle (Pechkohle); zuweilen ist sie durch Infiltration versteinernder Massen so verhärtet, dass sie sich poliren und zu dunkelfarbigen Verzierungen benutzen lässt. Sie brennt mit viel Flamme, russigem, übelriechendem, erstickendem Rauche und lässt nach der Flamme eine §. 251.

13*

leichte Kohle. Sie ist als Brennmaterial nicht so gesucht als die Steinkohle, aber immer ein treffliches Ersatzmittel des Holzes.

§. 252. Die **Steinkohle** (*Houille*) bildet eine sammetartig schwarze, zerbrechliche, auf vielen Flächen schimmernde Masse, die mit Leichtigkeit brennt, starke Flammen wirft und dabei sich so aufbläht und schmilzt, dass die einzelnen Stücke zusammenbacken. Sie giebt bei der Destillation Oelgas, Harz, Pech und keine Essigsäure, wie die Braunkohlen, dagegen Naphthalin. Die auf diese Art gebildete Kohle, die bei der gänzlichen Verbrennung nicht mehr flammt, hat Metallglanz, ist hart, leicht und zellig, und wird **Coke** genannt. Je nach ihrer Anwendung zur Heizung, zur Gasbeleuchtung, zu Hochöfen und anderen ökonomischen Zwecken unterscheidet man viele Varietäten von Steinkohlen, die namentlich je nach der Leichtigkeit ihres Brandes, der Qualität der Cokes etc. geschätzt werden, und für welche fast jeder Ort seine eigenthümliche Bezeichnung hat. Die Steinkohlen bilden meist mächtige Schichten, die oft schiefrig sind.

§. 253. Der **Anthracit** (Glanzkohle) zeigt die höchste Stufe von Fossilirung des Kohlenstoffes. Er ist schwarz, meist von metallischem Glanze; brennt nur schwierig ohne Flamme und Rauch, wobei er meist in Stücke springt, giebt bei der Destillation kein Gas und keine pechartigen Substanzen, entwickelt aber ungemein viel Hitze und ist deshalb namentlich für Hochöfen gesucht, wo man ihn, um ihn zum Brennen zu bringen, mit Steinkohle oder Holz mengt. Er ist offenbar durch eine weitere Veränderung der Steinkohle erzeugt, und nicht selten sieht man diese letztere in der Nähe von plutonischen und basaltischen Gesteinen in Anthracit übergehen. In den metamorphischen Schichten der älteren Ablagerungen kommt nur selten Steinkohle, meist Anthracit vor; ein Beweis, dass die Ursache, welche den Metamorphismus bedingte, auch auf die Natur der Steinkohle grossen Einfluss ausübte.

§. 254. Der **Graphit** endlich oder das **Wasserblei** kann nur uneigentlich zu den fossilen Brennmaterialien gerechnet werden, da er bekanntlich nicht brennt. Der Kohlenstoff, der ihn grösstentheils zusammensetzt, scheint in ihm in einem eigenthümlichen Zustande sich zu befinden, der vielleicht bedingt ist durch die Verbindung mit Eisen, das den Graphit als eigentliches Element mit bilden hilft.

---

§. 255. Es giebt noch eine eigenthümliche Classe von Gesteinen, die einzig nur nach ihrer äusseren Erscheinung, nach den Gestalten, unter welchen sie auftreten, unterschieden werden können und bei welchen weder die Structur, noch die Zusammensetzung genügende Anhaltspunkte gewähren. Meist giebt bei diesen Felsarten die äussere Form zugleich Winke in die Hand, aus denen man auf ihre Entstehung schliessen

kann, und gewöhnlich haben sie sich in der Art gebildet, dass sie durch Zertrümmerung früherer in anderer Weise gestalteter Ablagerungen entstanden sind, welche durch spätere Einflüsse zu Neubildungen verwandt wurden. Man hat diese Gesteine auch als klastische Gesteine bezeichnet und ihr charakteristisches Kennzeichen besteht gewöhnlich darin, dass Bruchstücke verschiedener Natur in einer Grundmasse oder einem Cämente eingebacken sind, durch welches diese Bruchstücke wieder zu neuen Massen zusammengeklebt werden. Die Kräfte, wodurch diese Gesteine umgebildet wurden, sind hauptsächlich zweierlei Art. Die einen, welche wir schon oben bei den verschiedenen Gesteinen als Conglomerate, Breccien und Tuffe erwähnten, sind gewöhnlich aus der Eruption feuerflüssiger Materialien hervorgegangen, oder durch gewaltige Erschütterungen und Reibungen erzeugt worden. Diejenigen Gesteine, welche wir jetzt noch zu betrachten haben, verdanken im Gegentheile ihre Neubildungen dem Wasser und bestehen meistens aus gerollten oder zerriebenen Bruchstücken, welche unter dem Wasser sich wieder schichteten und durch Absonderung aus der Flüssigkeit verbunden wurden.

15. Sandsteine.

Man unterscheidet je nach der Grösse und Form der darin eingebackenen Fragmente: §. 256.

Conglomerate oder Puddinge. Fragmente von verschiedener Gestalt, aber mehr oder minder abgerundet, aus der Zerstörung anderer Felsarten hervorgegangen, sind in einem fremdartigen Mörtel eingebacken. Diese Fragmente können von der verschiedensten Art und ebenso die Bindemasse bald kalkig, thonig oder kieselig sein. Oft hält es schwer, diese Puddinge von den Mandelsteinen zu unterscheiden, was in manchen Fällen sehr wichtig ist, da nothwendig bei den Conglomeraten die Fragmente vor der Bindemasse bestanden haben müssen, während sie in den Mandelsteinen gleichzeitig oder später entstanden sein können. Die Puddinge sind meist Erzeugnisse wässeriger Ablagerungen; die Fragmente finden sich darin abgerundet als Rollsteine. Man findet die Puddinge meist an der Grenze der Formationen, wo zuweilen die oberen Schichten der älteren Formation zertrümmert sind, und diese Trümmer zu einer Masse durch die Ablagerungen der neueren Formation zusammengebacken wurden. Die Bindemasse ist in den exclusiv so genannten Conglomeraten meist thonig oder thonig-kieselig, mehr oder weniger sandsteinähnlich, und es finden sich überhaupt alle möglichen Uebergänge von den groben Puddingen, die zuweilen fussgrosse Stücke einschliessen, bis zu den Sandsteinen, die ein gleichförmiges Korn besitzen.

§. 257. Die Nagelfluhe (Gompholit) ist eine Felsart, die namentlich in der Schweiz in bedeutenden Massen entwickelt ist und sich nur dadurch von den gewöhnlichen Puddingen unterscheidet, dass die Bindemasse nicht thonig oder kieselig, sondern kalkig ist und mit Säuren aufbraust. Die Consistenz dieser Nagelfluhen ist sehr verschieden; die härtesten werden als Mühlsteine benutzt, die meisten sind insofern unbrauchbar, als die Bindemasse leicht verwittert und die einzelnen Conglomerate dadurch lose werden.

§. 258. Die Breccien (*Brèches*) unterscheiden sich nur dadurch von den Conglomeraten und Puddingen, dass die in der Grundmasse eingebackenen Fragmente nicht rund, sondern eckig sind. Meist unterscheidet man sogar diese Breccien nur in besonderen Fällen, wie namentlich die Knochenbreccien, die sowohl in tertiären als triasischen Ablagerungen häufig vorkommen und aus einer Unzahl von Knochen und Schalenstücken gebildet sind, welche durch einen gemeinsamen Mörtel vereinigt werden. Auch vulcanische Breccien unterscheidet man öfter, wenn die vulcanischen Durchbrüche an den Wänden der Schlote die umstehenden Gesteine zerbröckelt und in ihre feuerflüssigen Massen eingeschlossen haben.

§. 259. Die eigentlichen Sandsteine bieten ein gleichförmiges Korn dar, das durch eine Bindemasse zu einem compacten Gesteine verbunden ist. Die Festigkeit dieses Mörtels bedingt einzig die Verschiedenheit zwischen dem wahren Sande, sei er nun mehr oder weniger fein, und den Sandsteinen — letztere sind nur ein durch Mörtel verbundener Sand, und das Korn des Sandsteines hängt von der Grösse der Sandkörner ab, welche durch den Mörtel vereinigt wurden. Man unterscheidet, je nach der Natur der Körner und des Mörtels, mehre einzelne Arten von Sandsteinen.

§. 260. So unterscheidet man ziemlich allgemein unter dem Namen von Psammiten diejenigen Sandsteine, welche bei thonig-kieseligem Mörtel neben den Kieselkörnern auch noch Glimmerblättchen enthalten, die meist nach einer gewissen Richtung gelagert sind und dadurch dem Sandstein ein schiefriges Gefüge geben. Das Schimmern des Glimmers unterscheidet die Psammite leicht von den übrigen gewöhnlichen Sandsteinen, welche nur Quarzkörner enthalten. Die Psammite kommen namentlich in den älteren Formationen oft als Begleiter der Steinkohlen vor.

§. 261. Kieselige Sandsteine, deren Mörtel aus Kalk besteht, werden Molasse genannt. Sie sind namentlich in der Nähe der Alpen in grosser Mächtigkeit entwickelt, meist von grünlicher Farbe und sehr verschiedener Härte. Sie verhalten sich zu der Nagelflue, wie die gewöhnlichen Sandsteine zu den Puddingen.

Der Macigno ist nur eine Abart der Molasse, seine Bestandtheile sind die nämlichen, seine Härte nur etwas grösser.

16. Thongesteine.

Wir begreifen unter dieser Kategorie eine Reihe von Gesteinen, deren Zusammensetzung äusserst wechselnd ist und die oft, wie die sandigen Gesteine, nur das Resultat einer noch weiter getriebenen mechanischen Reduction früher vorhandener Gebilde scheinen. §. 262.

Man unterscheidet verschiedene Thongesteine, deren Unterschiede einerseits aus der verschiedenen Festigkeit, andererseits aus besonders charakteristischen Einmischungen hervorgehen.

Der plastische Thon (Pfeifenerde, *Terre glaise*) ist ein inniges Gemenge von Kieselerde und Thonerde, das mit Wasser einen zähen Teig bildet, sich in alle Formen bringen lässt und im Feuer hart und unbrauchbar zu fernerem Anrühren mit Wasser wird. Die Farben des plastischen Thones sind ausserordentlich verschieden, je nach den verschiedenen Metallsalzen, die ihm beigemengt sind; ebenso seine Güte, da er meist Beimischungen von Sand oder anderen körnigen Bestandtheilen enthält, die ihm zuweilen seine seifige Beschaffenheit ganz rauben. §. 263.

Die Walkererde (*Terre à foulon*) ist nur eine Abart des plastischen Thones, die Magnesia enthält und begierig fettige Massen aufsaugt, weshalb man sie zum Entfetten der Gewebe und der Wolle besonders benutzt. Sie bildet mit Wasser nur einen kurzen Teig, der nicht so bildsam ist als der plastische Thon.

Der plastische Thon verliert manchmal durch fremdartige Beimischungen mehr oder minder seine bildsame Beschaffenheit und die Fähigkeit, einen recht zähen Teig mit Wasser zu bilden; — man bezeichnet ihn in diesem Falle mit dem Namen Lehm (*Limon*).

Zuweilen enthält der Thon eine bedeutende Menge von Eisenoxyd, das ihm eine gelbe, braungelbe und selbst rothe Farbe giebt. Diese verschiedenen Ockerarten, deren feinste die Sienaerde ist, sind als Farben im Handel gesucht.

Die verschiedenen Thonschiefer sind nichts Anderes als verhärtete Thone, die meist durch Compression oder durch die Erstarrung an sich die schiefrige Structur erhalten haben. Dies ist um so gewisser, als man alle verschiedenen Uebergänge, von dem weichsten Thone, der in grossen Massen abgelagert ist, bis zu den härtesten Schiefern, in demselben Gesteine und bei vollkommen gleicher Zusammensetzung beobachten kann, da sie oft bei der Verwitterung wieder ächten plastischen Thon erzeugen. Die gewöhnlichen Thonschiefer schmelzen leicht vor dem Löthrohre, bilden mehr oder minder feste Massen, die nur bis auf einen gewissen Grad theilbar sind und oft die pseudo-reguläre Structur besitzen, wodurch sie sich in scheinbar re- §. 264.

gelmässige, rhomboidale Stücke zerlegen und bei fortschreitender Verwitterung in plastischen Thon zerfallen. Sie haben meist eine graue, ins Bläuliche ziehende Farbe, und gehen an der Luft, durch Oxydation des in ihnen enthaltenen Eisens, ins Gelbe und Rothe über.

§. 265. Die Dachschiefer (*Ardoise*) sind nur eine Abart der gewöhnlichen Thonschiefer, und dadurch charakterisirt, dass ihre Theilbarkeit wirklich bis ins Unendliche fortgeht. Sie enthalten, wie die gewöhnlichen Thonschiefer, eine Menge anderer Mineralien in bedeutender Quantität eingesprengt.

§. 266. Der Wetzschiefer (*Coticule*) ist eine andere Abart der Thonschiefer mit beschränkter Theilbarkeit und bedeutendem Gehalte an Kieselerde, die ihm öfters einen muscheligen Bruch und eine gewisse feine Rauhigkeit ertheilt, wodurch der Stahl abgenutzt und so die Schneide der Messer zugeschliffen wird. Der Wetzschiefer ist meist gelb und in dem Thonschiefer in Form von Gängen und Bänken abgelagert, die mit der Schichtung und nicht mit der Schieferung parallel gehen. Diese letztere ist sogar in den Wetzschieferbrüchen meist durchaus unabhängig von der Schichtung und ebenso auch von der Umänderung des Thonschiefers in Wetzschiefer, dass dasselbe Schieferblatt meist von beiden Gesteinen enthält und die schiefrige Ablösungsfläche quer durch dieselben hindurchgeht — der beste Beweis, dass die schiefrige Structur erst eine Folge von Einflüssen war, welche nach der Ablagerung des Thones eintraten.

§. 267. Die Grauwacke ist ein eigentlicher Thonschiefer mit einem bedeutenden Ueberschusse von Quarz, der in Form von körnigen Massen darin abgelagert ist, deren Körnung aber doch nicht so weit geht, um einen wahren Sandstein daraus zu machen. Man kann zweifelhaft sein, ob man die Grauwacke zu den Sandsteinen oder zu den Thonschiefern rechnen soll, da sie gleich häufig in beide übergeht — ihr Platz scheint indess vielleicht besser bei den letzteren gewählt, weil die ächte Grauwacke stets schiefrige Textur zeigt. Die kieselige Beimischung giebt der Grauwacke eine eigenthümliche Rauhigkeit und Festigkeit; auch ihre Härte ist so bedeutend, dass sie meist am Stahle Funken giebt.

§. 268. Man hat die schiefrigen Gesteine im Allgemeinen unter dem Namen Phylladen begriffen; dann wieder diese Bezeichnung auf den Dachschiefer allein beschränkt und von den übrigen noch obenein unter dem Namen Ampelite mehre Gesteine getrennt, deren Hauptbestandtheil Thonschiefer ist, die aber noch andere charakteristische Mineralien enthalten. Hierher gehört namentlich der Alaunschiefer (*Ampelite alunifère*), der noch ausser Thonerde Schwefeleisen enthält, durch dessen Verwitterung und Zersetzung in der Hitze Alaun gebildet werden kann. Er wird namentlich in Thüringen und bei Saarbrück zu diesem Zwecke ausgebeutet. Meist enthält der Alaun-

schiefer auch noch Kohlenstoff, und oft nimmt dieser so überhand, dass er zu wirklichem Zeichenschiefer (*Ampelite graphique*) wird, der seines bedeutenden Graphitgehaltes wegen zu groben Bleistiften benutzt wird.

Ebenso mischt sich der Thonschiefer zuweilen mit Kalk, wodurch §. 269. die sogenannten Kalkschiefer (*Calschiste*) entstehen, die nichts Anderes als verhärtete schiefrige Mergel sind. Zuweilen enthalten diese Mergelschiefer bedeutende Mengen von Erdpech oder auch von Kupferglanz, wie namentlich im Mansfeldischen, wo diese bituminösen, kupferhaltigen Mergelschiefer unter dem Namen Kupferschiefer ausgebeutet werden.

Drittes Capitel.

Specielle Geognosie.

§. 270. Es wurde schon früher bemerkt, dass die Erdrinde einer Mosaik könne verglichen werden, welche aus verschiedenen Stücken zusammengesetzt sei, deren gegenseitiges Ineinandergreifen die Verschiedenheiten bedingt, welche man auf der Erdoberfläche hinsichtlich der mineralischen Bestandtheile beobachtet. Man kann unter den Stücken, je nach der Form, unter welcher sie auftreten, drei verschiedene Classen aufstellen.

1. Schichten. Unter diesem Ausdrucke versteht man grosse, tafelförmige Stücke, welche in ihrer ganzen Ausdehnung so ziemlich dieselbe Dicke beibehalten und deren einschliessende Flächen mithin etwa parallel unter einander sind. Die Schichten haben im Allgemeinen dieselbe Dicke und auch dieselbe Zusammensetzung in ihrer ganzen Flächenausdehnung, obgleich es vorkommen kann, dass geringe Abweichungen sich zeigen. Diese Gleichförmigkeit derselben Schicht in ihrer ganzen Flächenausdehnung erstreckt sich aber nur in horizontaler, nicht in verticaler Richtung; die unten und oben liegenden Schichten sind oft sowohl in Structur und Dicke, als auch in Zusammensetzung gänzlich verschieden, und es kommt nicht selten vor, dass Schichten, welche offenbar in einem und demselben Gewässer sich abgesetzt haben, welche dieselben Versteinerungen einschliessen und mithin ganz analoge Entstehung haben, dennoch in allen mineralogischen Charakteren ausserordentlich von einander verschieden sind. Man sieht sogar nicht selten, dass solche unter sich verschiedene Schichten regelmässig mit einander abwechseln, und so gewisse Reihenfolgen darbieten, welche von oben nach unten in derselben Ordnung sich wiederholen. So kommt es z. B. häufig vor, dass ein schiefriger, blätteriger Thon in der Tiefe zum Vorschein kommt, auf welchem Bänke von Kalkstein liegen, die unten schiefrig und mergelig sind und nach oben zu, immer dicker werdend, auch zugleich mehr und mehr ihren Thongehalt verlieren, bis sich endlich nur dicke Kalk-

schichten finden. Plötzlich hören diese auf und von Neuem wiederholt sich die ganze Reihenfolge, und so oft mehrmals hinter einander. Oft sogar sind die Abwechselungen noch häufiger, mehrfache Sand-, Kreide-, Kalk- und Mergelschichten wechseln mit einander ab, und dennoch zeigt die gegenseitige Verbindung dieser Schichten, ihre gemeinsame Erstreckung und die Gleichförmigkeit der in ihnen enthaltenen Fossilien, dass sie einer und derselben Bildungsepoche angehören.

Die einzelnen Schichten, welche zusammen ein Ganzes bilden, §. 271.
sind von einander durch Absonderungsflächen oder **Schichtungsklüfte** geschieden, die nur selten so verklebt sind, dass beide Schichten an einander halten. Man darf mit diesen Schichten nicht gewisse Absonderungsflächen verwechseln, die sich sehr häufig in den Schichten zeigen, die geradlinig, parallel unter einander sind und dem Ganzen schiefrige Structur ertheilen. Oft sind diese schiefrigen Absonderungsflächen den Schichtflächen parallel (Fig. 57), meist aber, wie in der beistehenden Figur 58, unter gewissen Winkeln zu denselben geneigt. Zuweilen findet man selbst zwei verschiedene Systeme solcher Blättertheilungen in derselben Schicht, die sich dann unter gewissen Winkeln schneiden. In manchen Fällen können diese Blättertheilungen sogar weit auffallender werden, als die eigentlichen Schichtflächen, und es erfordert meist eine ins Einzelne eingehende Beobachtung und Vergleichung mit anderen Localitäten, um die Blätter von den Schichten unterscheiden zu können. So kommt es namentlich oft vor, dass in gewundenen Schichten, wo die einzelnen Platten vielfach im Zickzack in einander gebogen sind, die Schieferungsklüfte durchaus parallel unter einander sich fortsetzen, unbekümmert um die Schichtungsklüfte, Fig. 59 (a. f. S.). In allen solchen Verhältnissen wird die Unterscheidung ziemlich schwierig zwischen der Schichtung und der Schieferung, namentlich in der Nähe, wo oft die Regelmässigkeit der Schichtung nicht so deutlich hervortritt, als wenn man das Gebirge in einiger Entfernung betrachten kann.

Fig. 57.

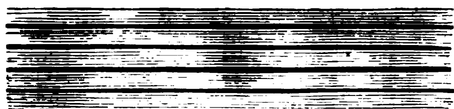


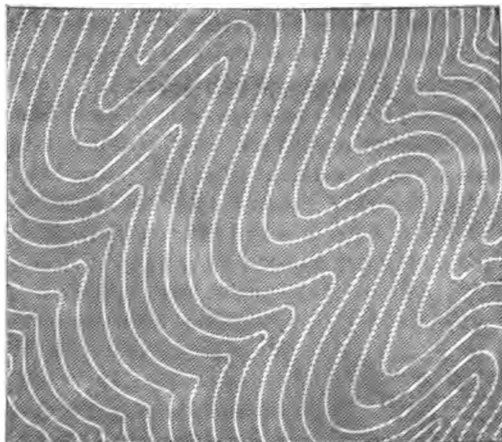
Fig. 58.



Man unterscheidet an den Schichten verschiedene Flächen und §. 272.
Dimensionen, für welche besondere technische Ausdrücke eingeführt sind. Schichtflächen oder Seitenflächen heissen diejenigen Flächen, welche die Schicht bei horizontaler Lage von oben und unten begrenzen und gewöhnlich parallel unter einander sind. Gewöhnlich auch sind diese Flächen eben, in manchen Fällen aber krummflächig

oder gefaltet, indem die Schichten bald wellenförmig gebogen, bald selbst winkelartig geknickt und im Zickzack gefaltet sind; gewöhnlich sind solche Biegungen und Knickungen zugleich mit Splitterung der Schichtenmasse selbst verbunden, indem die Schichten selten noch so weich waren in ihrer Masse, dass sie ohne Sprengung derartige Veränderungen ihrer ursprünglichen Lage ertragen konnten.

Fig. 59.



Die Mächtigkeit der Schichten wird durch eine Linie, die in einem rechten Winkel von einer Schichtfläche zur anderen geht, bestimmt und ist ausserordentlich verschieden, da es Schichten giebt, welche eine kaum messbare Dicke besitzen, und andere, welche bis zu hundert Fuss und mehr anschwellen. Da die Schichtungsklüfte durch einen zeitlichen Aufenthalt in dem Absatze der Materialien, welche die Schicht bilden, bedingt sind, so wird eben die Dicke der Schichten hauptsächlich von der Periodicität derjenigen Erscheinungen abhängen, welche zur Bildung der Schicht beitrugen, weshalb dann auch an Uferbildungen, wo mannigfaltige Ueberschwemmungen, Regengüsse u. s. w. bald grössere, bald geringere Quantitäten verschiedenartigen Materiales bringen, die Schichten gewöhnlich eine unbedeutende Mächtigkeit haben, während sie dann, wenn sie auf hohem Meere erzeugt wurden, oft durch eine bedeutende Gleichförmigkeit ihrer Masse und grosse Mächtigkeit sich auszeichnen.

Im Allgemeinen laufen die beiden Schichtflächen parallel; — doch kommt es nicht selten vor, dass nach einer oder mehren Seiten hin die Schichtflächen allmälig zusammengehen, die Schicht immer dünner wird und zuletzt gänzlich aufhört, was man das Auskeilen der Schichten nennt. Es trifft sich diese Erscheinung besonders häufig da, wo die Schichten in Becken abgelagert wurden, gegen deren Ränder zu sie dann nach und nach verschwinden.

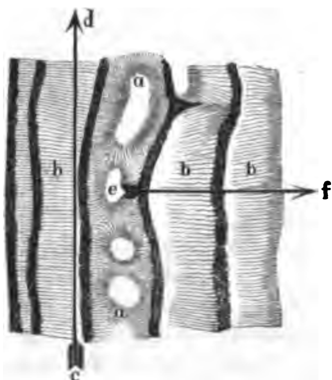
Andere Schichten enden plötzlich mit wenig veränderter Mächtigkeit, indem sie entweder an andere Gesteine anstossen, was man das Absetzen der Schichten nennt, oder indem sie durch irgend eine Gewalt quer durchbrochen sind. Solche ausgehende Schichten zeigen

dann auf den Durchbrüchen, welche man die Schichtenköpfe heisst, die innere Structur der Schicht stets auf das Deutlichste; gewöhnlich sind die Schichtenköpfe derjenigen Linie zugekehrt, nach welcher die brechende Kraft hauptsächlich auf die Schichten gewirkt hat.

Die Bestimmung der Lagerung der Schichten ist eine der wichtigsten Aufgaben für den Geologen. Man kann im Allgemeinen annehmen, dass die meisten Schichten sich in horizontaler Lagerung abgesetzt haben. Befindet sich demnach eine Schicht noch in ihrer ursprünglich söhligen Lage, so lässt sich eben nur diese Horizontalität und die Mächtigkeit der Schicht bestimmen. Hat aber irgend eine spätere Gewalt die Schicht aus dieser ursprünglichen Lagerung verrückt — ein Fall, der ausserordentlich häufig eintritt, ja fast zur Regel gemacht werden könnte —, so muss diese Abweichung genauer bestimmt werden. Zu diesem Endzwecke bedarf es der Bestimmung zweier gerader Linien, welche in den Schichtungsflächen liegen; die eine dieser Linien ist die in der Schichtungsfläche gelegene Horizontallinie, man nennt sie die Streichlinie und fixirt dieselbe in der Weise, dass man ihre Abweichung von dem Meridiane des Beobachtungsortes bestimmt, was man das Streichen der Schicht nennt. Die andere Linie ist die Linie der grössten Neigung der Schichtungsfläche gegen den Horizont, man nennt sie die Falllinie und bestimmt das Einschiessen oder Einfallen der Schicht durch Angabe des Winkels, welchen die Falllinie gegen den Horizont macht, indem man zugleich die Weltgegend angiebt, nach welcher hin dieses Einfallen stattfindet. Die Bestimmung des Streichens der Schicht geschieht jetzt grösstentheils mit dem gewöhnlichen Handcompasse, während man früher dazu den sogenannten bergmännischen Handcompass benutzte, bei welchem der Horizont in zweimal zwölf Stunden und jede Stunde wieder in acht Theile eingetheilt ist, eine der unsinnigsten Eintheilungen, die man sich denken kann, da sie nur mit Mühe auf die gewöhnliche Eintheilung der Gradbogen reducirt werden kann. Trotzdem haben deutsche Geognosten und Bergleute diesen bergmännischen Handcompass ebenso beibehalten, wie die Engländer die unsinnige Eintheilung des Thermometers nach Fahrenheit. Bei dem gewöhnlichen bergmännischen Compasse sind nun Ost und West mit einander vertauscht und die Stunden in entgegengesetzter Richtung numerirt, so dass man bei der Beobachtung nur die Nordsüdlinie des Compasses der Streichlinie parallel zu halten braucht, um die Nadel auf die Stunde einspielen zu sehen, nach welcher die Schicht wirklich streicht. Da indess die Nadel nur die Abweichung von dem magnetischen Meridian angeben kann, so muss man nach der bekannten Declination des Beobachtungsortes später die beobachteten Streichlinien reduciren. Den Fallwinkel bestimmt man durch ein kleines Bleiloth, welches gewöhn- §. 273.

lich an dem Compass selbst angebracht ist. Gesetzt, in dem beigegebenen Plane einer Gebirgskette, Fig. 60, sei *a* der krystallinische Kern, *b* die von ihm gehobenen Schichten, deren Schichtenköpfe diesem Kerne zugewendet sind, so würde die Linie *c d* die Streichungslinie, *e f* die Falllinie bezeichnen, und wenn erstere zugleich die Nordsüdlinie wäre, so würde durch die Worte „die Schichten streichen von Süd nach Nord und fallen in einen Winkel von so und soviel Grad nach Osten ein", die ganze Lagerung dieser Schichten auf das Genaueste bestimmt sein.

Fig. 60.



§. 274. 2. Gänge nennt man unregelmässige, meist aber platte oder abgerundete Ausstrahlungen von gewissen Gesteinen, welche in fremdartigen Felsarten eingeschlossen sind und deren Dicke und Zusammensetzung oft sehr wechselnd ist. Man erkennt meistens deutlich, dass diese Gänge erst nach der sie einschliessenden Felsmasse entstanden und in diese gleichsam injicirt oder infiltrirt worden sind, wo sie dann Spalten und Risse erfüllt haben. Zuweilen bilden sie gleichförmige Systeme, welche lauter parallele Richtungen zeigen, so dass man manchmal versucht sein könnte, sie mit Schichten zu verwechseln; ein Irrthum, der indess durch nähere Untersuchung leicht gehoben wird. In vielen Gegenden sind die Gänge nach bestimmten Richtungen orientirt, welche meist mit den Hebungen des betreffenden Gebirges zusammenhängen, und namentlich die grösseren Erzgänge bieten oft auf weiten Strecken hin solche parallele Richtungen dar. Die kleineren Gänge oder Adern strahlen meist unregelmässig nach allen Richtungen hin aus und verlieren sich häufig durch Spaltung und Verzweigung in sogenannte Ausläufer.

Die Gesteinsränder, welche die Gänge einschliessen, zeigen meist besondere Eigenthümlichkeiten, indem sie bald durch die Agentien, welche die Gangmassen absetzten, chemisch in ihrer Zusammensetzung verändert wurden oder auch Spuren erlittener Reibung zeigen, welche durch das Gleiten der von einander gerissenen Flächen bei der Hebung zu erklären ist. Die Saalbänder sind daher schon seit langer Zeit von den praktischen Bergleuten unterschieden worden, und der Gebrauch dieser Benennung für die Wandflächen, welche die Gänge einschliessen, hat durchaus Bürgerrecht erlangt.

§. 275. 3. Unregelmässige Massen, mit unbestimmten zufälligen

Absonderungsflächen, die man meist unter dem Namen der ungeschichteten Felsarten begreift. Sie stehen mit den Gängen in nächster Beziehung, sind meist aus der Tiefe der Erde hervorgebrochen, und, nach der Zersprengung der aufliegenden Schichten, an das Tageslicht gekommen. Das Verhältniss der ungeschichteten Felsarten, welche die Gänge und die unregelmässigen Massen unter sich begreifen, zu den geschichteten erscheint hinsichtlich ihrer Entstehungsweise durchaus entgegengesetzt, indem die ungeschichteten offenbar der Einwirkung einer bedeutenden Hitze ihre Entstehung zu verdanken hatten, während die anderen auf dem Boden der Gewässer abgesetzt wurden. So verschieden aber auch diese Entstehungsweise sein mag, so giebt es doch manche Fälle, wo die Entscheidung schwer ist und wo namentlich durch Druck und Dehnung entweder die ungeschichteten Felsarten Schichtflächen erhalten haben, oder aber umgekehrt, wo ursprünglich geschichtete Felsarten offenbar durch Einwirkung der Hitze zusammengeschmolzen und nachher in ungeschichte umgewandelt wurden. Dies ist, um nur eines Beispieles zu erwähnen, offenbar an vielen Orten mit dem Gneisse der Fall gewesen. Meist war der Gneiss ursprünglich eine geschichtete Felsart, die durch spätere Einflüsse zum Theil geschmolzen und in eine dem Granite ähnliche Masse umgewandelt wurde; in anderen Fällen hingegen bildet der Gneiss bloss die äusseren Schichten der Granitkuppen, und wurde hier bei dem Aufsteigen der flüssigen Massen durch die starren Gebilde, welche sie bedeckten, dadurch gebildet, dass der feuerflüssige Granit Druck und Dehnung erlitt, etwa wie das Eisen in einem Walzwerke, und dass somit seine äusseren Schichten auch ähnliche Absonderungsflächen erhielten, wie man am gewalzten Eisen im Kleinen beobachten kann. Selbst in durchaus ungeschichteten Massen, wie in reinem Granite, hat man Thatsachen gefunden, die darauf hindeuten, dass sie zusammengeschmolzene Schichten sind. So hat Zippe im böhmischen Granite wahre Rollsteine eingebacken gefunden, — ein deutlicher Beweis, dass diese Granite einst geschichtetes Conglomerat waren, welches später im Feuer zusammengeschmolzen ward.

Schon aus der Betrachtung dieser Thatsachen geht hervor, dass §. 276.
wir eigentlich in der Geologie drei verschiedene Arten von Gesteinen besitzen, deren Studium ein abgeschlossenes Ganze darbietet und sich wechselseitig ergänzt.

1. Die Sedimentgesteine an und für sich, die Reihenfolge ihrer Aufeinanderlagerung, die Charakterisirung ihrer verschiedenen Schichten und das Verhältniss ihrer Versteinerungen.

2. Die ungeschichteten Felsarten, ihre Entstehung und Bildung und ihr Vorkommen an die Oberfläche zu verschiedenen Epochen.

3. Die Wechselwirkung beider genannten Elemente auf einander, die Veränderungen, welche die geschichteten Gesteine durch die Durch-

brüche der ungeschichteten erlitten haben, die metamorphischen Felsarten und ihre Entstehung zu verschiedenen Zwecken.

Die geschichteten Gesteine.

§. 277. Die geschichteten Gesteine haben meist eine sehr einfache Zusammensetzung und ebenso einfache Structur, so dass ihre Felsarten nicht sowohl nach ihrem sonstigen Verhalten, als vielmehr nach der Form ihrer äusseren Erscheinung classificirt werden müssen. Es sind grossentheils Kalksteine, Sandsteine oder Thone, welche auf dem Boden der Gewässer abgelagert wurden und deshalb meist auch eine Menge von Versteinerungen enthalten, indem die festen Theile der Thiere und Pflanzen, welche in diesen Gewässern lebten und vegetirten, von der abgesetzten mineralischen Masse eingehüllt und so erhalten wurden.

§. 278. Die geschichteten Gesteine haben alle ursprünglich horizontale Lager auf dem Grunde der Gewässer gebildet, und jede abweichende Lagerung derselben, die wir jetzt auf der Oberfläche der Erde beobachten, ist das Resultat einer späteren Einwirkung, wodurch sie entweder an einer Stelle gehoben oder an einer anderen gesenkt wurden. Schon die Ausdehnung der Schichten an sich spricht für diese Ansicht. Nicht nur Stunden weit, sondern selbst über ganze Länderstrecken hin setzt sich eine solche Schicht fort, und wenn es bei einzelnen Fällen zweifelhaft sein könnte, ob die Bildung wirklich diese Horizontalität gehabt hat, so erscheint doch bei Betrachtung solcher weiten Ausdehnung der Grundsatz festgestellt.

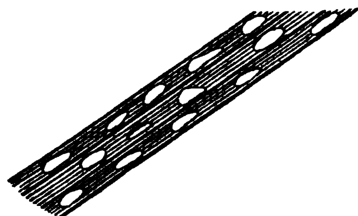
Es giebt indess noch andere, schlagendere Beweise für die ursprüngliche Horizontalität der Schichten. Saussure schon fand in den Alpen Puddinge und Conglomerate, in welchen kopfgrosse Rollsteine eingebacken waren, und die unter ziemlich steilen Winkeln aufgerichtet waren. Obgleich damals die Werner'sche Ansicht herrschend war, wonach alle Schichten in der Lage, in welcher sie sich gerade finden, aus dem Wasser abgesetzt worden sein sollten, so konnte Saussure doch nicht umhin, beim Anblick dieser Schichten auszurufen, dass sie unmöglich in dieser Lage gebildet sein könnten, indem Steine von diesem Gewichte nicht in so steilen Winkeln während des Absatzes der Schichten hätten erhalten werden können. Diese Conglomerate, schloss er, müssten in horizontaler Lage abgesetzt und hernach aufgerichtet worden sein.

§. 279. Die in den Conglomeraten eingebackenen Rollsteine geben noch zu einer anderen, nicht minder wichtigen Beobachtung Veranlassung. Dolomieu fand nämlich, dass glatte, in den Puddingen sich vorfin-

dende Steine stets so lagen, dass ihre platte Seite der Schichtfläche,

Fig. 61 u. 62.





und zwar, wenn sie nur eine platte Seite hatten, der unteren Schichtfläche zugekehrt war. Diese Schichtfläche musste demnach zur Zeit, als der Stein sich lagerte, eine horizontale Linie dargestellt haben, da der Stein sich mit derjenigen Basis, welche seine Form ihm als schwerem Körper als die sicherste anwies, darauf niederlegte (Fig. 61 und 62).

Auch die fossilen in den Schichten vorkommenden Körper geben §. 280.
in dieser Hinsicht bedeutende Anhaltspunkte. Platte Fossilien, wie Fische, Seesterne, Blätter, platt gewundene Schnecken liegen stets so, dass ihre platte Seite der Schichtfläche parallel ist; Bäume und deren Wurzeln stehen so, dass der Stamm mit den Schichtflächen einen rechten Winkel bildet, woraus folgt, dass einst die Schichtflächen horizontal lagen, weil alle Bäume senkrecht in die Höhe wachsen. Gleichen Schluss kann man aus den in den Schichten vorkommenden Muschelbänken ziehen, in welchen die Muscheln noch immer in derjenigen Stellung den Schichtflächen gegenüber sich finden, welche sie noch jetzt auf dem Meeresboden einnehmen. Die meisten Muscheln nämlich, die ruhig eingegraben im Schlamme leben, graben sich so ein, dass sie senkrecht in den Sand oder Schlamm eindringen und dass das Hintertheil, an welchem die Athemröhren befestigt sind, nach oben sieht. Diese Steckmuscheln graben sich so tief ein, dass die Athemröhre gerade über den Schlamm hervorschaut, und sie auf diese Weise reines Wasser athmen können. In den fossilen Muschelbänken nun stecken die Muscheln in derselben Weise in den Schichten, den Kopf nach unten, das Hintertheil nach oben, in rechtem Winkel auf der Schichtfläche.

Alle diese Thatsachen erweisen unwiderleglich, dass die Schichten alle ursprünglich horizontal waren, und somit eine jede Abweichung derselben von der Horizontalität der Einwirkung späterer Einflüsse zugeschrieben werden müsse.

Diesen späteren Einflüssen ist denn auch die Entstehung jener §. 281.
Erscheinung zuzuschreiben, die man mit dem Namen der **abweichenden Schichtung** belegt und welche darauf beruht, dass zwei in Berührung befindliche Schichten nicht dieselbe Lagerungsebene besitzen. Es können hier die mannigfaltigsten Fälle eintreten und die verschiedenen Schichten unter sehr verschiedenen Winkeln zu einander

geneigt sein. Immer aber ist diese abweichende Schichtung ein Beweis, dass eine Kraftäusserung stattgefunden hat, wodurch die ursprüngliche Horizontalität gestört wurde; hätten keine solche Verwerfungen stattgefunden, so würden alle Schichten parallel sein und gleichsam parallele Schalen um die Erde darstellen, deren Oberfläche als die zuletzt abgesetzte die jüngste sein würde. Bei solchem Parallelismus würde es höchst schwierig gewesen sein, das Verhältniss der verschiedenen Schichten zu einander zu bestimmen, während die Abweichungen, die in der ursprünglichen Lagerung der Schichten gegeben wurden, den Schlüssel zu höchst wichtigen Folgerungen über die Entstehung des Reliefs der Erde liefern.

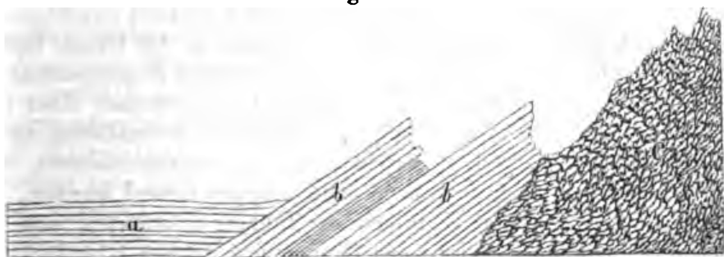
Man unterscheidet hauptsächlich die antiklinale und synklinale Lagerung der Schichten und bezeichnet mit der ersten einen solchen Schichtencomplex, wo die verschiedenen Theile nach entgegengesetzten Richtungen von einander wegfallen, so dass dachförmige, haubenförmige oder sattelförmige Gestalten gebildet werden. Gewöhnlich wird diese Lagerung dadurch hervorgebracht, dass eine von unten her wirkende Kraft die Schichten an einer bestimmten Stelle in die Höhe gehoben und auf diese Art zuerst eine Wölbung gebildet hat, die dann zuweilen an ihrer Spitze aufgebrochen ist, so dass die Schichtenköpfe einander zugewandt sind. Solche Wölbungen sind bald mehr kuppenförmig, bald in der Längsrichtung ausgebildet, wo dann Sättel oder Kämme entstehen und man als antiklinale Linie die Richtung der Hebungslinie bezeichnet.

Bei der synklinalen Schichtung fallen die einzelnen Theile einer Schichtengruppe von entgegengesetzten Richtungen her einander zu. Ist dieses Entgegenfallen nur flach, so werden Mulden gebildet, die besonders an solchen Orten häufig vorkommen, wo zwischen aufgerichteten Massen später andere Ablagerungen geschahen. Bei stärkerer Aufrichtung der Schichten in synklinaler Richtung geht die Fächerstellung hervor, welche besonders in den Centralkernen der Alpen z. B. so ausgezeichnet ausgebildet ist.

§. 282. Von besonderer Wichtigkeit sind die Abweichungen in der Schichtstellung benachbarter Gebirgsglieder, die an einander stossen, was man mit dem Namen discordanter Lagerung bezeichnet hat. Jede nicht horizontale Schicht ist durch besondere Einflüsse aus ihrer ursprünglichen horizontalen Lage gebracht worden. Je höher eine Schicht liegt, desto jünger ist sie. Dies sind die beiden Grundsätze, aus denen mit unwiderruflicher Gewissheit der Schluss hervorgeht, dass eine horizontale Schicht, welche man auf einer nicht horizontalen abgelagert findet, erst dann abgesetzt worden ist, als jene schon aus ihrer ursprünglichen Lagerung herausgebracht worden war. In Fig. 63 müssen die Schichten *b* jedenfalls schon gehoben gewesen sein, als die in horizontaler Lagerung an sie anstossenden Schichten *a* abgesetzt wurden.

Diese einfachen Verhältnisse geben nun den Schlüssel zu den wichtigsten Folgerungen über die Epochen, innerhalb welcher die ein-

Fig. 63.



zelnen Hebungen und Revolutionen stattgefunden haben. Die Zeit einer jeden Umwälzung, deren Alter man bestimmen will, fällt nothwendig in die Epoche, welche zwischen der Ablagerung der höchsten aufgerichteten Schicht und der tiefsten horizontalen Schicht hineinfällt. Eine Bergkette, in deren Nähe man die obersten Schichten des Jura gehoben, die untersten Schichten der Kreide horizontal findet, muss nothwendig unmittelbar vor dem Absatze der Kreide entstanden sein. Die genaue Beobachtung dieser Verhältnisse giebt in allen Fällen Aufschluss über die relative Epoche, in welcher ein jeder Kataklysmus stattfand, vorausgesetzt, dass die Beobachtung die Schicht, vor deren Absatz und diejenige, nach deren Absatz eine Hebung geschah, auch an dem Orte der Hebung nachweisen kann.

Man bezeichnet im Allgemeinen in der Geologie mit dem Ausdrucke „Formation“ eine Reihenfolge von verschiedenen geschichteten oder ungeschichteten Felsmassen, welche zu einer und derselben Epoche gemeinsamen Ursprunges gehören und deshalb auch gewisse gemeinschaftliche Charaktere darbieten, so dass man auch auf den geologischen Karten und Plänen sie durch eine und dieselbe Farbe angiebt. In derselben Formation können die verschiedensten Gesteine vorkommen, aber keine verschiedenen Fossilien, weil eben die Epoche des Ursprunges dieselbe ist. So sieht man oft in der Juraformation z. B. Sandsteine, Kalke, Mergel u. s. w. mit einander abwechseln, ohne dass deshalb die durch die Fossilien beurkundete gleichzeitige Entstehung beeinträchtigt wäre. §. 283.

Man hat oft das Wort „Terrain“ als synonym mit Formation gebraucht, sollte es aber lieber in der Beziehung unterscheiden, dass Terrain bei Gleichheit der Structur und Zusammensetzung, Formation bei Gleichheit des zeitlichen Ursprunges gebraucht würde. In vielen Fällen, besonders wenn von geschichteten Elementen die Rede ist, fallen freilich diese Ausdrücke zusammen, in anderen aber wieder nicht. So ist z. B. in der Nähe von Heidelberg das granitische Terrain in be- §. 284.

deutenden Massen entwickelt. Bei genauerer Untersuchung hat sich aber gezeigt, dass dieses Terrain aus drei verschiedenen granitischen Formationen besteht, indem die ursprünglichen Granitmassen in späteren Zeiten zweimal von neuen Hebungen der Granite durchbrochen worden sind, so dass demnach Gänge von Granit in den Granit injicirt sind. Die injicirten Massen, obgleich von derselben Zusammensetzung und mithin demselben Terrain angehörig, gehören demnach einer späteren Zeit, einer oder mehren anderen granitischen Formationen an.

§. 285. Die Schichten, welche die feste Erdrinde zusammensetzen, sind ihrer Reihenfolge nach in verschiedene Gruppen zerlegt worden, die alle zwar ungemein lange Zeiträume der Bildung erforderten, aber wo dennoch die Schichten einer jeden Gruppe eine gewisse Gleichmässigkeit in ihren Fossilien, ihrem Habitus, den Bedingungen ihrer Bildung und ihrem Verhalten zu den ungeschichteten Felsarten erkennen lässt. Diese Gleichmässigkeit eben ist es, welche die Schichten in einzelne Systeme zerlegen lässt, deren Folge wir in aufsteigender Ordnung, von unten nach oben, betrachten werden.

I. Paläozoische Gebilde (*Groupe palaeozoique*).

1. Silurisches System . . (Untere Grauwacke, *Système silurien*, *Terrain ardoisier*, *Silurian system*, *Terrain de transition inférieur*).
2. Devonisches System . . (Jüngere Grauwacke, *Vieux grès rouge*, *Système dévonien*, *Terrain anthraxifère*, *Old-red Sandstone*, *Devonian system*).
3. Steinkohlensystem . . . (*Système houiller*, *Carboniferous group*).
4. Permisches System . . (*Système Permien*, *Système pénéen*, *Permian system*, Zechstein-Gruppe, *Magnesian limestone*. Todtliegendes).

1. Silurisches System.

§. 286. Die Schichten, welche dieses System zusammensetzen, wurden zuerst in England von Murchison unterschieden und dort ihren hauptsächlichsten Charakteren nach festgestellt. Sobald einmal hier eine typische Reihe von Schichten erkannt war, welche man durch besondere Charaktere ihrer Fossilien namentlich genauer begränzen und nebst dem darauf folgenden devonischen Systeme von der Gruppe der Steinkohlengebilde unterscheiden konnte, so wurde nachgewiesen, dass dieselben Gebilde auch in anderen Ländern eine weite Ausdehnung

besässen und dass namentlich der Norden der beiden Continente, des amerikanischen wie des europäischen, von diesen Schichtsystemen gebildet seien. Durch fortdauernde Vergleichung der an verschiedenen Orten angestellten Beobachtungen ging endlich das Resultat hervor, dass die Schichtenreihen zwischen den krystallinischen Gebilden einerseits und der Steinkohle andererseits in Nordamerika am vollständigsten entwickelt seien und dass man die dort vorhandenen Gebilde gewissermaassen als typisch ansehen müsse. An dem silurischen System hatte Murchison schon bei Beginn seiner Untersuchungen bemerkt, dass man zwei Hauptgruppen unterscheiden müsse, ein unteres und ein oberes silurisches System, Gruppen, welche namentlich durch die fast gänzlich verschiedene Natur ihrer Fossilien sich als zwei verschiedene Epochen der Erdgeschichte nachwiesen. Ueberall, wo man seither silurisches System aufgefunden hat, sind auch diese beiden Gruppen mit mehr oder minder vollständiger Sicherheit unterschieden worden, obgleich nicht geläugnet werden kann, dass in den meisten Fällen dieselben sich nicht durch abweichende Schichtung unterschieden und dass auch manche Versteinerungen zwischen diesen beiden Gruppen gemeinsam sind.

In Nordamerika bilden die älteren Schichten in ihrer Gesammtheit ein ungeheures Becken, dessen Grenzen nach Norden sogar noch nicht vollständig festgestellt sind, das aber wenigstens dreissig bis fünfunddreissig Längengrade und funfzehn Breitegrade überdeckt. Im Ganzen genommen bilden diese Schichten ein Becken von ausserordentlich flacher Muldengestalt, in dessen äusserem Umkreise die älteren Schichten zu Tage kommen, während mehr nach innen zu die jüngeren devonischen und Kohlenschichten in dem Becken auflagern. Auf geringe Erstreckung hin erscheinen die Schichten sogar ganz horizontal, so dass man ihre Uebereinanderlagerung hauptsächlich nur in den Thaleinschnitten der Seen und Flüsse beobachten kann. §. 287.

Im Umkreise des Systemes sind nur an einzelnen Stellen im Staate Newyork sowie in Canada, im Norden des Huronensees und des Oberen Sees Schichten nachgewiesen worden, welche unmittelbar auf den krystallinischen Gesteinen aufruhen, durchaus keine Fossilien enthalten und aus geschichteten Quarziten, aus weissen verglasten Sandsteinen, Conglomeraten und Puddingen, aus seidenglänzenden Schiefern und unreinen Kalklagern zusammengesetzt sind, zwischen welchen Bänder von Trapp und Grünstein sich durchziehen. In Canada sollen diese Schichten mehrere tausend Fuss Mächtigkeit erlangen und an einzelnen Orten des Staates Newyork hat man sie unter dem Namen des takonischen Systemes unterschieden. Das Auffallendste an diesen Gesteinen ist der Umstand, dass sie eine abweichende Schichtung besitzen und dass die darauf folgenden Schichten des untersilurischen Systemes horizontal auf den aufgerichteten Köpfen dieses fossilfreien Systemes

aufliegen. In der Bretagne hat Elie de Beaumont eine ähnliche Schichtenreihe nachgewiesen, welche von den übrigen silurischen Schichten durch eine abweichende Lagerung sich unterscheidet und die er mit dem Namen des cumbrischen Systemes belegt hat. Es ist dieses System namentlich bei Belle-Isle an der Spitze der Vendée entwickelt und besteht beinahe gänzlich aus dunkelgrünen seidenglänzenden Schiefern, welche von unregelmässigen Adern eines milchweissen Quarzes durchzogen werden; — zuweilen selbst entwickeln sich in diesen Schiefern solche Mengen von Feldspathkrystallen, dass sie in einen porphyrischen Gneiss übergehen. Aehnliche Schiefer sind an der westlichen Seite von England in Wales bei Longmynd sowie in Böhmen nachgewiesen worden, und es scheint demnach, dass überall zwischen dem ächten untersilurischen Systeme einerseits und den krystallinischen Gesteinen andererseits ein Schichtensystem existirt, welches ebenfalls aus dem Meere sich absetzte, aber zu einer Zeit, wo noch durchaus keine lebenden Organismen auf der Oberfläche der Erde existirten. Diese Schichten haben sich nur an einzelnen Stellen in erkenntlicher Weise erhalten und auch dort sind sie vielfach modificirt und verändert worden. An den meisten übrigen Orten sind sie durch Einflüsse, die wir später zu ergründen suchen werden, in krystallinische Schiefer und Gneisse umgewandelt worden, die wir besser gemeinschaftlich mit den krystallinischen Urgebilden im Zusammenhang betrachten.

Fig. 64.



Idealer Durchschnitt des untersilurischen Systemes in Nordamerika. 1 Granit und Gneiss. 2 Azoisches (Takonisches) System. 3 Potsdamsandstein. 4 Kieselkalk. 5 Chazy-Kalk. 6 Birds-eye-Kalk. 7 Black-river Kalk. 8 Trentonkalk. 9 Uticaschiefer. 10 Hudsongruppe. 11 Obersilurisches System.

§. 288. Das untersilurische System erstreckt sich in Nordamerika in Form eines gekrümmten Bandes von der Insel Anticosta längs der Ufer des St. Laurent im Norden des Ontario-Huronen- und Michigan-Sees bis gegen den Mississippi hin, wo man es noch im Staate Iowa längs dem Laufe des Wisconsin-Flusses nachgewiesen hat. Seine südliche Gränze läuft von Maryland und Newyork bis nach Alabama längs des Westrandes der Alleghanies-Gebirge hin; und da das ungeheure Becken, welches auf diese Weise umschrieben wird, in der Mitte eine Hebungslinie zeigt, von der aus die Schichten wieder nach Norden und Süden abfallen, so erscheinen auch die Schichten des untersilurischen Systemes in der Mitte dieser Hebungslinie in sattelförmiger Lagerung und in Gestalt zweier breiter Inseln, auf welchen Cincinnati und Nashville gebaut sind. Im Staate Newyork, wo die genauesten Untersuchungen

über dieses System angestellt wurden, hat man von unten nach oben folgende Schichten darin unterschieden.

Die Basis des Systemes wird von einem harten feinkörnigen, sehr vielen Quarz enthaltenden Sandstein gebildet, der an einzelnen Stellen fast in einen reinen Quarzit übergeht, an anderen porös, weiss und leicht zerreiblich wird und den man den Potsdamsandstein genannt hat. Diese Sandsteinlager erreichen eine Mächtigkeit von mehr als 30 Metern und enthalten ausser einigen undeutlichen Pflanzenspuren weiter keine Versteinerungen als eine kleine Entenmuschel (*Lingula prima*), welche in grossen Massen darin abgelagert ist.

Auf diesem Sandstein liegt ein dunkler unreiner dolomitischer Kalkstein, der deutlich geschichtet ist, viel Thon und Kiesel und eine Menge von Quarzdrusen enthält, an vielen Orten in Sandstein mit kalkigem Bindemittel übergeht und eine Mächtigkeit von 100 Metern erreicht. Man hat ihn den Kalksandstein (*calciferous sandrock*) genannt, er enthält als Versteinerung Reste von Algen und Tangen und einigen Schnecken, welche hauptsächlich der Gattung *Maclurea* angehören, aber merkwürdiger Weise gar keine Armfüssler, welche sonst überall in den untersten Schichten vorkommen.

Auf den erwähnten Kalksandstein folgt ein anderes Stockwerk von etwa funfzig Meter Mächtigkeit, welches aus reinen blauen oder grauen Kalken besteht, die sehr wohl geschichtet sind und eine grosse Anzahl von Fossilien enthalten. Man hat in diesem Kalke wieder drei Abtheilungen unterschieden, die man mit dem Namen der Kalke von Chazy, Birdseye und Blackriver bezeichnet hat, die aber nur unbedeutendere Unterabtheilungen darstellen, welche auf localen Verhältnissen zu beruhen scheinen. Diese Kalke enthalten eine grosse Anzahl von Meerespflanzen und zeigen zugleich die ersten Ueberreste von Trilobiten und von Armfüsslern mit geraden oder wenig gebogenen Schalen. Auch die Bauchfüssler sind reichlich vertreten.

Die an Versteinerungen reichste Schicht des untersilurischen Systemes ist ein schwarzer, dolomitischer, meist bituminöser Kalk, welcher nach oben zu schiefrig und thonig wird, eine Mächtigkeit von etwa 100 Metern erreicht und mit dem Namen des Trentonkalkes bezeichnet wird. Meerespflanzen, Korallen, Crinoiden, Armfüssler, Muscheln, Schnecken, Kopffüssler und Krebse kommen in diesem Kalke in reichlichster Menge und vielfachen Arten vor und stellen so eine Meeresschöpfung dar, welche Repräsentanten fast aller wirbellosen Thiere, aber kein eigentliches Wirbelthier enthält.

Nach oben geht der Trentonkalk, der überall ziemlich dünn geschichtet ist, allmälig in einen bituminösen schwarzen Schiefer über, der etwa 25 Meter Mächtigkeit hat, mit Ausnahme einiger Graptolithen kaum Versteinerungen enthält und mit dem Namen der Uticaschiefer belegt worden ist.

Das letzte Glied des untersilurischen Systemes wird endlich in Newyork von einer Schichtenreihe bis zu 300 Meter Mächtigkeit gebildet, welche man die **Hudsongruppe** genannt hat; es sind hellgrüne, feinkörnige Schiefer, thonige, graue oder dunkelbraune Kieselsandsteine, welche der rheinischen Grauwacke ähnlich sind, mit untergeordneten Lagern und Schmitzen eines dolomitischen Kalksteines, der stets nur locale Ausbreitung hat. Die unteren Schichten enthalten wie die Uticaschiefer fast nur Graptolithen, während die oberen Schichten sehr reich an Versteinerungen sind.



Fig. 65.

Durchschnitt des obersilurischen Systemes zwischen dem Ontario- und Erie-See. *aa* Niveau des Ontario. *b c d e f g h* Niveaulinien des Niagara. *i* Niveau des Erie. *k l* Zukünftige Fallinie des Niagara. *m* Lewiston. 1 Medina- und Oneida-Sandsteine. 2 Clinton-gruppe. 3 Niagaraschiefer. 4 Niagarakalk. 5 Onondagasandstein. 6 Pentamerenkalk. 7 Süsswasser-Ablagerungen.

§. 289. Das **obersilurische System** beginnt an seiner Basis mit einer Gruppe von Sandsteinen, Puddingen und Conglomeraten, die eine sehr veränderliche Mächtigkeit haben und gar keine oder nur wenige Versteinerungen, Reste unbestimmbarer Meerespflanzen, enthalten. Nach localen Unterschieden hat man hier den sogenannten **grauen Sandstein** und das **Quarzconglomerat von Oneida** unterschieden. Auf diesen beiden Schichtengruppen liegen rothe oder bunte Sandsteine mit thonigem Bindemittel, die bald in förmliche Thone, bald in Quarzite übergehen und nach oben hin eine unter dem Namen des grauen Bandes bekannte, sehr weit sich hinziehende Schicht grauer Sandsteine enthalten. Man bemerkt auf diesen Sandsteinen, welche mit dem Namen des **Medinasandsteines** bezeichnet worden sind, Wellenspuren, welche darauf hindeuten, dass die Schichten am Ufer des Meeres abgelagert wurden. Sie enthalten nur sehr wenige Versteinerungen, sind aber besonders deshalb wichtig, weil eine Menge von Salzquellen aus diesen Medinasandsteinen entspringen.

Die Schichtengruppe von **Clinton**, welche bald aus rothen Sandsteinen, bald aus schiefrigen Thonen, meist von grüner Farbe, mit eingelagertem Kalk und Eisengestein be-

stehen, sind die ersten versteinerungsreichen Schichten des obersilurischen Systemes und sind namentlich durch Armfüssler und Trilobiten charakterisirt, welche von denen des untersilurischen Systemes gänzlich abweichen.

Auf den Schichten der Clintongruppe liegen bläuliche, ziemlich reine Kalksteine, welche zuweilen etwas Kiesel- und Bittererde enthalten, an anderen Orten Drusen von Gyps zeigen und an ihrer Basis allmälig in thonige Schiefer, die sogenannten Niagaraschiefer, übergehen, welche leicht verwittern und von dem Gewässer zerstört werden. Dieser Kalk, der einen weit verbreiteten Horizont bildet, viele Versteinerungen enthält, nach dem Westen hin stets an Mächtigkeit zunimmt, gegen Osten aber allmälig durch Sandsteine ersetzt wird, ist deshalb mit dem Namen des Niagarakalkes belegt worden, weil seine eigenthümliche Beschaffenheit die Ursache jener Fälle enthält. Die harten compacten Kalksteine bilden nämlich eine Terrasse, deren aus Thonschiefer bestehende Sohle beständig von dem Wasser abgespült wird, so dass dann die unterhöhlten Schichten zusammenbrechen und steile Abstürze bilden.

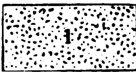
Auf dem Niagarakalke liegt wieder eine Masse von etwa 300 Meter Mächtigkeit, welche fast gar keine Versteinerungen enthält, nur eine beschränkte Ausdehnung in der westlichen Hälfte von Newyork und im südlichen Canada hat und die man die Onondagagruppe genannt hat. Es sind Schieferthone und Mergel, welche Bänke und Stöcke von dolomitischen unreinen Kalken, von Anhydrit und Gyps enthalten und eine grosse Menge von Salzquellen entspringen lassen, weshalb diese Gruppe von bedeutender ökonomischer Wichtigkeit ist.

Auf diese Sandschicht folgt wieder ein Horizont von Kalken, die man in mehre untergeordnete Gruppen getrennt hat. Die untersten Schichten, welche höchstens 10 Meter Mächtigkeit haben, bestehen aus fast schiefrigen, sehr thonhaltigen Kalken und sind als hydraulische Kalke bezeichnet worden; hierauf folgen geschichtete compacte Kalksteine, die als charakteristisches Fossil den *Pentamerus galeatus* in grosser Menge enthalten und durch ihren Widerstand gegen die Verwitterung einen leicht erkenntlichen Horizont längs der Thalwände darstellen. Man unterscheidet sie als unteren Pentamerenkalk; sie sind von einem oberen Pentamerenkalk durch eine Mittelschicht von Thonen und Thonschiefern getrennt, die zehn bis zwölf Meter Mächtigkeit erreicht, eine grosse Anzahl von Versteinerungen enthält und mit dem Namen der Delthyrisschiefer belegt worden ist. Der obere Pentamerenkalk bildet die Grenze des obersilurischen Systemes, welches sich hauptsächlich in Obercanada, in Ohio, Indiana, Tennessee und Illinois, sowie an den Ufern des Huronen- und Michigan-Sees entwickelt zeigt und namentlich durch das Ueberwiegen mächtiger dolomitischer Kalkgruppen, sowie durch die vielen Salzquellen sich auszeichnet.

§. 290. **Im Norden Europas erscheinen die silurischen Gebilde haupt-**

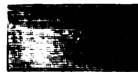
Fig. 66.

Karte des östlichen Europas.



Granit, Gneiss, vulcanische und azoische Gebilde.


Silurisches System.


Devonisches System.


Kohlensystem.


Permisches System.


Jura.


Kreide.



Tertiäre, Diluviale und heutige Bildungen.

a Christiania. *b* Stockholm. *c* Petersburg. *d* Novgorod. *e* Moskau. *f* Archangel. *g* Königsberg. *h* Breslau. *i* Pesth. *k* Odessa. *l* Konstantinopel. *m* Tiflis.

sächlich als Grundlage eines ungeheuren weiten Beckens entwickelt, welches einerseits auf den Graniten von Finnland, Norwegen und Schweden, andererseits auf dem krystallinischen Centralkerne des Uralgebirges aufliegt. Das ganze europäische Russland stellt so gewissermaassen eine äusserst flache, aus silurischen Schichten gebildete Schale vor, deren innerer Raum durch die nachfolgenden Ablagerungen, welche besonders dem devonischen, permischen und jurassischen Systeme angehören, ausgefüllt ist und an deren Rändern nur die silurischen Schichten hervortreten. Diese Schichten bilden deshalb hauptsächlich nur zwei Linien, eine längs der südlichen Ufer des finnischen Meerbusens und des Ladogasees, und eine zweite, fast genau von Nord nach Süd streichende Doppellinie, welche den krystallinischen Centralkern des Ural einschliesst und deren Schichten einerseits westlich gegen Europa, andererseits östlich gegen Sibirien einschiessen. In dem westlichen Flügel der Mulde, in der Linie von dem finnischen Meerbusen bis zu dem von Archangel, fallen die Schichten mit höchstens 3 Grad Neigung gegen Ost und Südost ein, liegen also fast horizontal, während der östliche Flügel der Mulde, am Ural, weit steiler aufgerichtet ist, wobei auch die Gesteine eine Aenderung erfahren haben und in Glimmerschiefer, Quarzit etc. umgewandelt sind. Ausser dieser Haupterstreckung in Russland befinden sich noch an verschiedenen Stellen der skandinavischen Halbinsel, wie namentlich an der südlichsten Spitze bei Malmö, bei Christiania, bei Linköping und am Wenersee einzelne inselartige Ablagerungen von silurischen Gebilden, die zuweilen auf die sonderbarste Weise aufgerichtet und von krystallinischen Gesteinen durchsetzt sind. Die nördlichen Inseln der Ostsee liegen in dem Zuge silurischer Gesteine, die sich längs dem finnischen Meerbusen erstrecken, und zwar sind die Inseln Oeland und Dago aus untersilurischen, Gotland und Oesel aus obersilurischen Schichten gebildet. Während in Schweden und Norwegen und namentlich in Westgothland durch diese Aufrichtung die ursprüngliche Natur der Schichten mannigfaltig verändert worden ist und diese hauptsächlich aus Grauwacke, Kieselsandstein, schwarzen Alaunschiefern, Thonschiefern und Stinkkalken bestehen, sind dagegen längs des finnischen Meerbusens bei Reval und Petersburg die Schichten fast horizontal aufgelagert und, wie es scheint, nur äusserst wenig verändert.

An der Basis der untersilurischen Schichten von Russland und unmittelbar auf dem finnischen Granite liegt ein zäher blauer Thon auf, welcher zuweilen eine schiefrige Schichtung annimmt, bisweilen sandig wird oder auch Glimmer führt und nur höchst wenig undeutliche Versteinerungen, Tangen angehörend, enthält. §. 291.

Auf diesem Thone, in welchem man bis jetzt noch keine Thierversteinerungen hat entdecken können und der wahrscheinlich jener

gewaltigen versteinerungslosen Schichtengruppe entspricht, die wir in Nordamerika erwähnten, liegt ein weisslicher Sandstein mit bald kalkigem, bald kieseligem Bindemittel, der nach oben hin gelblich und eisenhaltig wird und eine Menge kleiner Schalen enthält, welche der Gattung *Obolus* angehören, die in der nächsten Verwandtschaft zu *Lingula* steht. Man hat diesen Sandstein, der überall in den Flussbetten über dem Thon hervorsteht und einen leicht kenntlichen Horizont bildet, den Obolus- oder Ungulitensandstein genannt. Er entspricht durch seine Lage und durch die eigenthümliche Versteinerung, die er in zahlloser Menge enthält, offenbar dem Potsdamsandstein Nordamerikas.

Auf dem Obolussandstein liegt ein bituminöser Schiefer, der zuweilen Kohlen, gewöhnlich aber rundliche Kalkknollen enthält und mit Ausnahme einiger Graptolithen gewöhnlich gar keine Versteinerungen zeigt.

Einen hervorstechenden Horizont bildet der Pleta- oder Orthocerenkalkstein, ein gewöhnlich grauer, erdiger, dünn geschichteter Kalkstein, welcher in seinen unteren Lagern zuweilen sandig wird und stets eine Menge dunkelgrüner chloritartiger Körner enthält, welche ihm ein ganz eigenthümliches Ansehen verleihen. Dieser Kalk ist ausserordentlich reich an Fossilien und entspricht durch dieselben, wie durch seine Lage, wesentlich dem Trentonkalke Nordamerikas. Mit ihm ist die Reihe des untersilurischen Systemes auf dem Festlande von Russland geschlossen.

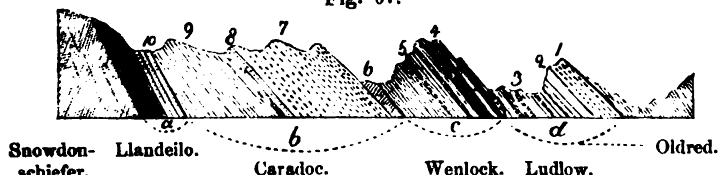
§. 292. Das obersilurische System zeigt sich nirgends auf dem westlichen Festlande Russlands, bildet aber, wie schon bemerkt, die Inseln Oesel und Gotland ganz allein. Es besteht auf Oesel aus zwei Horizonten von Kalken, die von dünnen glimmerigen Sandsteinen überlagert sind, eine grosse Anzahl von Versteinerungen, namentlich Korallen enthalten und dem Niagarakalke sowie dem Pentamerenkalke Nordamerikas entsprechen.

Die Zusammensetzung dieser Insel stimmt gänzlich mit derjenigen der Insel Gotland überein, welche das beste Beispiel der obersilurischen Formation in Skandinavien darstellt. Die Schichten dieser Insel fallen so sanft von Nord nach Süd ein, dass sie fast horizontal scheinen, während sie doch augenscheinlich auf dem granitischen Kerne Schwedens aufruhen. Die untersten Schichten bestehen aus dunkelgrauen Schiefern mit Kalksteinknollen, die allmälig in den Wenlockkalk Englands übergehen, über welchem dann grüne Schiefer, darauf Korallenkalke und endlich Schiefersandsteine folgen, die den Ludlowfelsen parallel sind und am südlichen Gestade von devonischen Korallenkalken überdeckt werden.

Auf dem Festlande Skandinaviens sind die Ablagerungen, welche, wie Kinnekulle am Wenersee, zu der untersilurischen Formation ge-

hören, an ihrer Basis von Sandsteinen, dann von Alaunschiefern und darüber von Pleta- oder Orthocerenkalk gebildet, über welchem Thonschiefer und dann meist eine mächtige Lage von Trapp folgt, der gewöhnlich in Form einer dicken Schicht über die übrigen Ablagerungen hergeflossen ist. In Schweden liegen diese Reste einer weiter verbreiteten, aber grossentheils weggeführten silurischen Formation meist horizontal; in Norwegen aber sind sie vielfach aufgerichtet, verworfen und von Trappen und Porphyren durchbrochen.

Fig. 67.



Durchschnitt des silurischen Systemes in England.

1 Glimmersandstein. 2 Aymestrykalk. 3 Thonschiefer. 4 Wenlockkalk. 5 Schiefer. 6 Kalk. 7 Caradocsandstein. 8 Kalk. 9 Sandstein. 10 Thonschiefer.

In England bildet das silurische System zwei Gruppen, welche sich in der Grafschaft Wales und den angrenzenden Grafschaften Shropshire und Herefordshire, sowie in Cornwallis an die krystallinischen Kerne der Westküste dieses Landes anlehnen, aber meistens so durch einander geworfen sind, dass es nur sehr schwer hält, ihre eigentliche Aufeinanderfolge herauszubringen. Die untersten Schichten werden hauptsächlich bei Barmouth und Harloch von Sandsteinen gebildet, welche in Grauwacken übergehen und in denen man bis jetzt noch keine Fossile gefunden hat. Auf diesen Sandsteinen liegen schwarze Schiefer, Dachschiefer, Kieselconglomerate, welche Ueberreste von *Lingula* enthalten sollen und in denen man auch einige Trilobiten entdeckt hat, die aber nur äusserst selten sind. Zahlreiche Durchbrüche von Trapp und Porphyren haben diese Schiefer, welche man auch mit dem Namen der Snowdonschiefer bezeichnet hat, vielfach durch einander geworfen und verändert. Sie erreichen eine Mächtigkeit von vielleicht 1000 Metern und entsprechen durch die Trilobitengattungen *Olenus* und *Paradoxides* den untersten silurischen Gesteinen von Böhmen. §. 293.

Auf diese Schiefer folgen Schichten eines unreinen Kalkes von geringer Mächtigkeit, welche man mit dem Namen des Balakalkes bezeichnet hat und mit welchen quarzige Grauwackenschiefer, Sandschiefer und Schieferthone theils wechsellagern, theils ihre obere Abtheilung bilden. Nach oben gehen diese Gesteine allmälig in Thonschiefer über und in feinkörnige schiefrige Grauwacken, dunkele, plat-

tenförmige Sandsteine, die zuweilen mit unreinen Kalksteinschichten wechseln und die man unter dem Namen Llandeiloschiefer unterschieden hat. Graptolithen, sowie *Ogygia Buchi* und *Echinosphaerites balticus* bestimmen besonders die Lagerung dieser Schichten im Verhältniss zu denen Russlands.

Auf diesen Schiefern liegen die Caradoc-Gesteine, quarzhaltige Sandsteine, meist von tief dunkelrother Farbe, mit vielen schmutzig gelben, thonigen und kieselhaltigen Adern, auf welchen andere kieselige hellgrüne Sandsteine liegen, in denen dunkelrothe Adern sich zeigen und die allmälig durch einen olivengrünen, plattenförmigen, abgesonderten Sandstein in dünne, sandige und thonige Schiefer übergehen, in welchen Nester von Sandstein eingebacken sind, die viele Fossile enthalten. Dünne, thonige Kalksteine und Mergelschichten wechseln zuweilen mit diesen Sandsteinen ab. Die beiden Gruppen von Llandeilo und Caradoc entsprechen durch ihre Trilobiten (*Trinucleus Caractaci*, *Calymene punctata*) dem oberen Stockwerke des untersilurischen Systemes in Böhmen und schliessen dieses System für England ab. Sie entsprechen, wie es scheint, wesentlich dem Trentonkalke und der Hudsongruppe in Nordamerika.

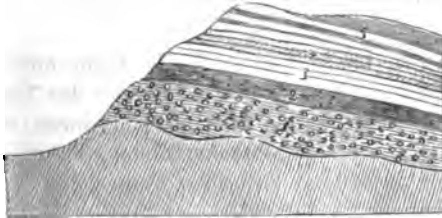
§. 294. Das obere silurische System wird in England durch zwei Hauptgruppen vertreten, von welchen die untere mehr kalkig, die obere mehr thonig und sandig ist. Die Gruppe der Wenlock-Schichten besteht an der Basis aus thonigen grauen oder schwarzen Schiefern, schmutzigen concretionirten versteinerungsreichen Kalksteinen, welche anfangs Nieren in den Schiefern bilden, nach oben aber allmälig in dicke krystallinische unreine Kalke übergehen, welche wieder von Thonschiefern bedeckt werden, die eine Menge grösserer und kleinerer Kalkconcretionen enthalten. Die Wenlock-Gesteine bieten so die mannigfaltigsten Uebergänge von fast reinen Thonschiefern zu Kalkschichten dar, indem diese anfangs nur zerstreuten Kalkconcretionen allmälig so überhand nehmen, dass sie allein die Schicht ausmachen und die Thonschiefer ganz verschwinden. Dieser Kalkstein ist gewöhnlich bläulich und verwittert zu einer hellgrauen Masse. Er wird namentlich bei Dudley sehr ausgebeutet und ist an diesem Orte sehr reich an Versteinerungen.

Die obersten Lager des silurischen Systemes endlich werden von den sogenannten Ludlow-Felsen gebildet, deren untere Schichten aus festen Thonschiefern gebildet sind, die nur wenig Sand und wenig Kalk enthalten, in allen möglichen Nüancen von Grau und Schwarz spielen und als Platten benutzt werden. Auf diesen liegen glimmerhaltige, graue Sandsteine, die bald sehr thonig, bald kalkig werden, und in deren Mitte man namentlich eine nur wenige Zoll dicke Schicht unterscheidet, die fast nur aus einem Conglomerat von Fischresten zu bestehen scheint. Zwischen diesen beiden befindet sich eine Schichten-

folge fester blauer Kalke, die Murchison Aymestrykalk nennt, und die einigermaassen krystallinisch aussehen, trotz ihrer thonigen Beschaffenheit.

In der Umgegend der Malvern-Hügel in Worcestershire ist das silurische System ganz in ähnlicher Weise ausgebildet, während in Südschottland und Irland hauptsächlich Grauwacken vorwiegen und in Nordwales die Wenlockgruppe in discordanter Lagerung auf den Caradocgesteinen aufliegt.

Fig. 68.



Bituminöser Kalk und Schiefer.
Sandstein.
Marmor.
Sandstein.
Conglomerat.
Cumbrisches System.

Durchschnitt des silurischen Systemes in der Bretagne.

Das silurische System ist in Frankreich namentlich in der Bretagne entwickelt, wo es unmittelbar auf dem cumbrischen System aufliegt, von dem es sich leicht durch seine abweichende Schichtung unterscheiden lässt. Die cumbrischen Schichten sind nämlich meist sehr steil aufgerichtet und fallen etwa unter 80 Grad Neigung, während die silurischen nur um 12 Grad von der Horizontalebene abweichen, so dass sie auf den Schichtenköpfen des cumbrischen Systemes aufgelagert sind. Man findet in der Bretagne meist nachstehende Schichtenfolge: 1. Unmittelbar auf den cumbrischen Schichten ein Conglomerat von Quarzkieseln, die durch einen röthlichen Thonmörtel zusammengehalten werden. Zuweilen finden sich darin Feldspathkrystalle und seltene Fragmente von Thonschiefer und Grauwacke. 2. Dünne Schichten von grünlichem, kieselhaltigem Sandsteine. 3. Darüber liegen nicht sehr dicke Schichten eines compacten, hellgrauen Kalksteines, den man als Marmor ausbeutet und der keine Fossilien enthält. Diese Schichten wechseln in einigen Gegenden mehrmal mit den grünen Sandsteinen ab. 4. Auf diesem Marmor liegen feste, quarzige Sandsteine, die eine bedeutende Menge von Petrefacten enthalten und im Lande als die rothen Sandsteine von May bekannt sind. 5. Die obersten Schichten endlich werden von den meist schwarzen, bituminösen Kalksteinen von Figuerolles gebildet, die oft mit schwarzen Thonschiefern alterniren und ebenfalls eine bedeutende Menge von Fossilien enthalten. An einzelnen Orten sind diese Schiefer sehr mächtig entwickelt, selbst in so bedeutendem Maasse, dass sie die Sandsteine und Kalke ganz verdrän- §. 295.

gen und in bedeutender Mächtigkeit als vortrefflicher Dachschiefer ausgebeutet werden können. In anderen Fällen enthalten diese Dachschiefer, die namentlich bei Angers sehr bekannt sind, so bedeutende Zusätze von Glimmer, dass sie allmälig in Grauwacke übergehen.

Fig. 69.



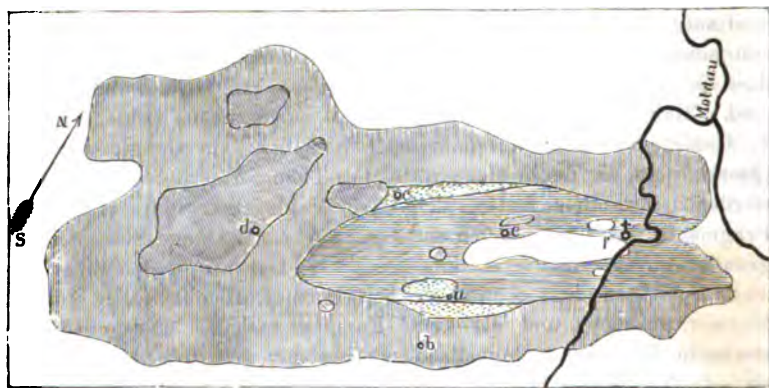
Durchschnitt der Bretagne zwischen Rennes und Nantes.

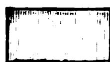
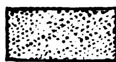
a Sandstein. *b* Schiefer. *c* Metamorphosirte Schiefer. *d* Granit.

Die Schichten des silurischen Systemes sind in der Bretagne auf die mannigfachste Weise in wellenartiger Form gebogen, so dass das Land eine Menge kleiner flacher Rücken darstellt, deren Höhen durch den Sandstein gebildet werden, während die Schiefer die Einbiegungen der Thäler zwischen diesen Rücken ausfüllen. Zwischen Nantes und Rennes namentlich ist diese Bildung sehr auffallend.

Unter diesen Gebilden entsprechen die Schichten von Angers, von Bains, Vitré u. s. w. dem Trentonkalke und der Hudsongruppe Nordamerikas, während die Schichten von St. Sauveur und Figuerolles Versteinerungen enthalten, welche dem oberen silurischen Systeme angehören.

Fig. 70.





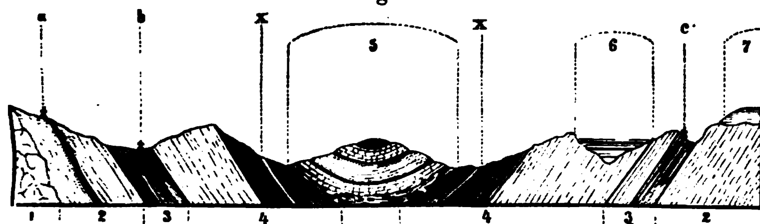

Azoische Abtheilung des untersilurischen Systemes. Mittlere Abtheilung des untersilurischen Systemes. Obere Abtheilung des untersilurischen Systemes. Obersilurisches System. Kohlensystem.

Karte des silurischen Beckens von Böhmen.

a Ginetz. *b* Pribram. *c* Skrey. *d* Pilsen. *e* Beraun. *f* Prag.

In **Böhmen** bilden die silurischen Schichten ein weites Becken, §. 296.
welches etwa in der Richtung von Nordost nach Südwest orientirt ist und eine gezogene Ellipse mit unregelmässigen Rändern darstellt, deren grosse Axe durch Pilsen, Beraun und Prag geht. Es ruhen diese Schichten auf Granit und Gneiss und sind theilweise von Steinkohlengebilden und weiterhin von Kreide überlagert. Ihre Structur und das Verhältniss ihrer Fossilien sind besonders von Barrande genauer dargestellt worden; das Ganze bildet eine Mulde, in deren Umkreis überall die untersilurischen Schichten nach der Mitte hin einschiessen, während die obersilurischen Gebilde die Ausfüllung machen.

Fig. 71.



Durchschnitt des silurischen Systemes in Böhmen.

1 Granit. 2 Azoische, 3 Mittlere, 4 Obere Abtheilung des untersilurischen Systemes. 5 Obersilurisches System. 6 Kohlensystem. 7 Kreide. *a* Pribram. *b* Ginetz. *c* Skrey. X Obersilurische Colonien.

An der **untersilurischen Abtheilung** lassen sich drei verschiedene Stockwerke nachweisen; das unterste dieser Stockwerke besteht aus krystallinischen Schiefern, Conglomeraten, Sandsteinen und Grauwacken mit zwischenliegenden Bändern von Kieselschiefer und Trapp, welcher letzterer durchaus gleiche Lagerung mit den übrigen steil aufgerichteten Schichten zeigt. Alle diese Schichten enthalten durchaus keine Fossilien und entsprechen wahrscheinlich dem cumbrischen Systeme und dem takonischen Systeme Nordamerikas. Hierauf folgt eine Zone schiefriger Gesteine, die besonders feine, glimmerige, grüne oder braune Thonschiefer und Dachschiefer enthalten, und in welchen eine ganz eigenthümliche Fauna lebt, die besonders aus Trilobiten zusammengesetzt ist, welche den Gattungen *Battus*, *Paradoxides*, *Olenus*, *Conocephalus*, *Ellipsocephalus* und *Sao* angehören. Als besondere Leitmuschel findet sich noch in diesen Schichten, aber selten, ein Armfüssler, *Orthis Romingeri*. Der Ansicht Barrande's zufolge existirt diese älteste Schöpfung nur noch in Skandinavien und in England, im Sandstein von Barmouth und in den Hügeln von Malvern in Cornwallis, war aber weder in Nordamerika noch in Russland ausgebildet.

Ein ferneres Stockwerk des untersilurischen Systemes besteht wieder aus Conglomeraten, Sandsteinen, Quarziten, Grauwacken und in seiner oberen Hälfte aus Schiefern und enthält ebenfalls eine eigen-

thümliche Fauna von Trilobiten, die sich namentlich durch einen kleinen Brustpanzer und ein grosses Schwanzstück auszeichnen, während bei den ältesten Trilobiten ein umgekehrtes Verhältniss stattfindet. Die Trilobiten dieser Abtheilung gehören namentlich den Geschlechtern *Cheirurus*, *Asaphus*, *Ogygia*, *Trinucleus*, *Illaenus*, *Ampyx* an, und entsprechen wesentlich dem ganzen untersilurischen Systeme Amerikas und Russlands.

§. 297. Die obersilurischen Schichten nehmen in Böhmen nur einen geringen Raum in der Mitte des Beckens ein und zeigen eine deutliche muldenförmige Anordnung in ihrer Lagerung. Sie zeichnen sich von den untersilurischen Schichten hauptsächlich durch die grosse Entwickelung von Kalk aus, der in dem untersilurischen Systeme fast gänzlich fehlt, und sind von diesem letzteren in auffallender Weise durch Massen von Trapp getrennt, welche in schwarze thonige Schiefer eingedrungen sind, die als charakteristische Versteinerungen eine Menge von Graptolithen zeigen und ausserdem Knollen von Kalk enthalten. Auf dieser Mulde von Trapp ruhen nun drei verschiedene Schichtengruppen von Kalk, und ganz zuoberst wieder eine Lage von Schiefern, die alle eine ganz abweichende Fauna enthalten.

Eine höchst merkwürdige Erscheinung zeigt sich darin, dass an zwei verschiedenen Stellen, nördlich und südlich von Prag, in die Schichten des untersilurischen Systemes und mit ihnen ganz in gleichförmiger Lagerung Graptolithenschiefer eingeschoben sind, die eine Menge von Versteinerungen enthalten, welche dem oberen silurischen Systeme angehören. Es scheinen also hier gewissermaassen Colonieen existirt zu haben, wo von einer anderen Gegend her eine obersilurische Bevölkerung eingewandert ist, die mitten zwischen untersilurischen Thieren zu gleicher Zeit an beschränktem Orte lebte und erst später nach Beendigung der untersilurischen Epoche im Centrum der Mulde wieder auftauchte. Vielleicht, dass diese Erscheinung, der man noch einige ähnliche aus Nordamerika an die Seite setzen kann, darauf hinweist, dass das Axiom, nach welchem Schichten, welche gleiche Versteinerungen enthalten, auch aus einer gleichen Epoche herrühren, nicht vollkommene Gültigkeit hat, sondern dass zu derselben Zeit an verschiedenen Orten auf der Erde verschiedene Schöpfungen lebten, von denen die eine oder die andere an einem anderen Orte in einer späteren Zeit wieder aufleben konnte. Vielleicht auch beruht gerade die Erscheinung in Böhmen darauf, dass ausser dem grossen obersilurischen Becken noch zwei kleine seitliche Becken existirten, welche bei einer späteren Hebung so zwischen die untersilurischen Schichten eingeknickt wurden, dass sie scheinbar mit denselben gleiche Schichtenlagerung besitzen, nichts desto weniger aber eigentlich aus seitlicher Zusammendrückung hervorgegangene Keile sind.

§. 298. Die silurischen Gebilde zeigen sich in weiter Strecke auf beiden Ufern des Rheins im Norden von Mainz, wo sie die Grundlage der

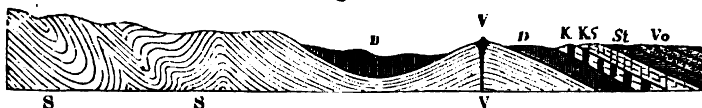
verschiedenen Höhenzüge des Hunsrücks, der Ardennen, des Taunus und des Westerwaldes bilden. Die Ardennen bedecken das ganze Land zwischen Luxemburg und Lüttich; ein weiter gleichförmig hoher Gebirgszug mit flachen Thälern von ermüdender Einförmigkeit, zwischen welchen die langweiligen breiten Rücken der Hochebenen sich hinziehen, die, von fern gesehen, wie eine gleichförmige Mauer erscheinen, auf deren Rücken sich weite Wälder und Moräste ausdehnen. An der Basis dieses Gebirges findet sich eine Reihe mächtiger schiefriger Massen, die an vielen Stellen als Dachschiefer ausgebeutet werden; die Hauptmasse des Gebirges ist aus diesen Schiefern zusammengesetzt, welche Omalius d'Halloy in ihrer Gesammtheit unter dem Namen des „Dachschiefergebildes" (*Terrain ardoisier*) zusammengefasst. Die Reihenfolge der einzelnen Schichten in den Ardennen ist aber äusserst schwer zu bestimmen, da die mannigfachsten Biegungen und Verwerfungen vorkommen. Wahrscheinlich findet sich eine Reihe von Becken, welche schief ausgehoben und eingeknickt sind, so dass sie fast überall steil nach innen einfallen, und man einen grossen Fehler begehen würde, wenn man die einzelnen Schichten, welche man bei der Durchkreuzung der Ardennen in unmittelbarer Folge zu Tage gehen sieht, als eben so viel in sich verschiedene Schichten ansehen wollte, während in der That durch die vielen Einknickungen jede Schicht mehrmals zu Tage kommt. Es scheinen sich in diesem Schiefergebirge der Ardennen zwei bestimmte Stufen nachweisen lassen zu können, deren höhere, auf welcher die Puddinge des devonischen Systemes ruhen, hauptsächlich aus Quarziten und einigen Grauwacken besteht, während die tiefere Gruppe aus mehr oder minder festen, thonigen Schiefern gebildet wird, die meist blau oder grau sind und zuweilen in reinen körnigen Quarz, in Schleifsteine übergehen. Die Beobachtung dieser Schiefer, in welchen sich zuweilen Eisenkiese und Eisennieren finden, ist deshalb sehr interessant, weil man hier an vielen Stellen sehr deutlich den Unterschied zwischen der schiefrigen Textur und der Schichtung bemerken kann. Die Grauwacke, welche auf den Quarziten an einigen Stellen aufruht, enthält oft Anthracit und vegetabilische Eindrücke, dürfte deshalb vielleicht noch zu dem devonischen Systeme gerechnet werden, während man die Quarzite dem silurischen und die Schiefer dem cumbrischen Systeme parallelisiren könnte, wenn auch nur mit vieler Ungewissheit.

Die Gebilde der Ardennen (siehe den idealen Durchschnitt, Fig. 72, a. f. S.) setzen sich ohne Unterbrechung in das Uebergangsgebirge fort, welches zu beiden Seiten des Rheins zwischen Bingen, Bonn und Düsseldorf entwickelt ist, und dessen einzelne Höhenzüge als Eifel, Hunsrück, Taunus und Rothhaargebirge unterschieden werden. (Siehe die Karte.) Der Grund dieser ganzen weiten Gegend, welche im Norden von der Ruhr, im Osten vom Vogelsgebirge, im Süden vom Main und der Nahe umschlossen wird, ist von Schiefern gebildet, die denen §. 299.

15*

der Ardennen ähnlich sind und dem silurischen Systeme beigezählt werden können. An vielen Stellen, wie namentlich im Westerwalde und

Fig. 72.



Idealer Durchschnitt des rheinischen Uebergangsgebirges.
S Silurisches System. *V* Vulcanische Gebilde. *D* Devonisches System.
K Kohlenkalk. *KS* Kohlensandstein. *St* Steinkohle. *Vo* Vogesensandstein.

im Siebengebirge, sind diese Schiefer von vulcanischen Massen durchbrochen worden und ihre Stellung mannigfach verändert. Alle diese mannigfaltigen Wiederholungen von sandigen Schiefern, eigentlichen Thon- und Dachschiefern, Grauwacken mit Quarziten und chloritischen Schiefern, die an der Basis der genannten Gebirgszüge entwickelt sind, und die namentlich an dem Taunus sehr ausgebildet und von vielfältigen Quarzgängen durchsetzt sind, sind durch die seltsamsten Biegungen und Verwerfungen schwer ihrer wahren Lage nach zu entziffern, um so mehr, als ihnen gänzlich alle Versteinerungen abgehen und die mineralogischen Charaktere durch die mannigfaltigen Durchbrüche vulcanischer und plutonischer Gesteine ausserordentlich häufigem Wechsel unterliegen. An verschiedenen Stellen, wie in der Eifel, in Nassau, bilden diese Schiefer, welche wohl dem silurischen Systeme beigezählt werden können, mehr oder minder bedeutende Mulden, in welchen dann die devonischen Gesteine abgelagert sind.

Im übrigen Deutschland kennt man in der Umgegend des Erzgebirges, am Thüringerwalde, am Harze, in Oberschlesien einzelne Flecken silurischer Gesteine, welche seltener aus Kalk, meist aus Kieselschiefern und Alaunschiefern bestehen und gewöhnlich nur Graptolithen enthalten.

§. 300. In den Pyrenäen, in Spanien, in Südamerika, in Neuholland zeigen sich mehr oder minder bedeutende Strecken, die ebenfalls mit silurischen Gebilden bedeckt sind, welche theils durch ihre mineralogischen Charaktere, theils auch durch ihre Fossilien erkannt werden können. Es würde uns indess zu weit führen, auf die Beschreibung dieser Gebilde näher einzugehen, da diejenigen, welche wir bisher betrachteten, vollkommen zur Charakterisirung jener Schichten hinreichen, welche die erste Schöpfung enthalten, die auf der Erde überhaupt entstand.

§. 301. Für das untersilurische System sind folgende Fossilien besonders charakteristisch.

Chaetetes petropolitanus. Im nördlichen Russland.
» *lycoperdon.* In d. Blackriver- u. Hudsongruppe Nordamerikas.
Tentaculites scalaris, *annulatus.* Im Caradocsandstein Englands.
Hemicosmites pyriformis. Fig. 83. Russland.
Echinosphaerites aurantium. Russland, Norwegen, Schweden.

Lichenoides priscus. Böhmen.
Coelaster matutinus. Fig. 87. Trentonkalk Nordamerikas.
Spirifer tripartitus. Caradoc.
Siphonotreta unguiculata. St. Petersburg.
Orthis Romingeri. Böhmen.
Orthis testudinaria. Caradoc; Angers in Frankreich; Trentonkalk und Hudsongruppe Nordamerikas; Schweden.
Orthis lynx. Russland, Norwegen; Trentonkalk Nordamerikas.
Orthisina Verneuili. Fig. 93. Russland; Nordamerika.
Leptaena deltoidea. Russland; Trentonkalk.
Lingula antiqua und *prima.* Fig. 90. Potsdamsandstein Nordamerikas.
Obolus appolinus. Obolussandstein Russlands.
Avicula matutina. Saint-Sauveur, Falaise in Frankreich.
Conularia Buchii. Russland.
Bellerophon (Cyrtolites) bilobatus. Fig. 102. Schweden; Norwegen; England; Nordamerika.
Pleurotomaria lenticularis. Caradoc; Trentonkalk.
Euomphalus (Straparollus) Gualterianus. Russland; Insel Oeland; Nordamerika.
Orthoceras subconicum. Caradoc.
Lituites cornu arietis. Fig. 106. England; Russland.

Sao hirsuta. Fig. 107 u. 108.
Paradoxides spinulosus. Fig. 109.
» *bohemicus*
Conocephalus Sulzeri
» *striatus*
Battus (Agnostus) integer

} Alle in der untersten Trilobitenfauna Böhmens.

Dalmania socialis. Bretagne.
Trinucleus Goldfussi, Pongerardi. Fig. 110.
Ogygia Guettardi. Fig. 111.
Cheirurus claviger.
Illaenus Panderi.
Asaphus Buchi. Bretagne.

} Alle in der zweiten Trilobitenfauna Böhmens.

Für das obersilurische System heben wir besonders folgende Ver- §. 302.
steinerungen ihrer Häufigkeit oder weiten Verbreitung wegen hervor:

Aulopora conglomerata. Wenlockkalk Englands; Insel Dago.
Catenipora (Halysites) escharoides. Fig. 78. Schweden; Insel Dago; Wenlockkalk; Niagara- und Clintongruppe Nordamerikas.
Porites pyriformis. Wenlockkalk; Dago; Gothland; Nordamerika.
Favosites subbasaltica. Gothland; Nordamerika.
Cyathophyllum caespitosum. Fig. 74. Wenlockkalk.
Hypanthocrinus decorus. Fig. 84. Wenlock- und Dudley-Kalk; Gothland; Niagaragruppe.
Fenestrella assimilis. Fig. 89. Wenlock.

Atrypa (Spirigera) tumida. Dudley-Kalk; Gothland; Tenessee; Böhmen.

Terebratula (Spirigerina) aspera. Dudley-Kalk; Gothland; Canada.

» » *cuneata.* » Wenlock-Kalk; Böhmen.

Terebratula (Spirigerina) affinis. Aymestry-Kalk; New-York; Böhmen; Gothland.

Spirifer (Delthyris) cyrtaena. Dudley-Kalk; Nordamerika; Gothland.

» » *sulcatus.* Dudley; Böhmen; Gothland; New-York.

» » *crispus.* » » » »

Pentamerus Knighti. Fig. 95 u. 96. Aymestry-Kalk; Böhmen.

» *galeatus.* Néhou (Bretagne); Dudley; Niagaragruppe; Eifel; Russland; Böhmen.

Atrypa (Terebratula) nitida. Dudley; New-York.

» » *navicula.* Aymestry; Böhmen.

» » *deflexa.* Wenlock- und Dudley-Kalk; New-York; Böhmen; Gothland.

Hemithyris (Terebratula) Wilsoni. Fig. 97. Aymestry- und Dudley-Kalk; Russland; Böhmen; Norwegen; Gothland; Tenessee.

Orthis elegantula. Wenlock- und Dudley-Kalk; Nordamerika; Gothland; Böhmen.

Orthis hybrida. Wenlock; Tenessee; Canada; Gothland.

Leptaena depressa (Strophonema rhomboidalis). Niagara- und Clintongruppe in New-York und Canada; Dudley; Gothland; Böhmen.

Chonetes sarcinulata (Leptaena lata). Fig. 92. Gröningen; Ludlow; Eifel; Norwegen; Gothland; Russland.

Conularia Sowerbyi (quadrisulcata). Russland; Wenlock; Tenessee; Neuholland; Ostgothland.

Bellerophon dilatatus. Wenlock; Nordamerika.

Pleurotomaria (Murchisonia) Lloydii. Ludlowfelsen.

Euomphalus rugosus. Fig. 103. Wenlock- und Dudley-Kalk.

Phragmoceras ventricosum. Fig. 105. Ludlowfelsen.

Orthoceras ibex. Gothland; New-York; Ludlowfelsen.

Lituites (Hortolus) giganteus. Ludlowfelsen.

Cyrtoceras corbulatum. Böhmen.

Harpes ungula. Böhmen.

Phacops ungula. »

» *breviceps.* »

Lichas scaber. »

Bronteus planus. »

Onchus Murchisoni. Ludlow.

§. 303. Wenn wir diese Schöpfung im Einzelnen betrachten, so zeigt sich zuerst als wesentliches Resultat, dass bis jetzt noch durchaus keine Landpflanzen in denjenigen Schichten aufgefunden wurden, welche den

beiden silurischen Systemen angehören, und dass nur Repräsentanten einer der niedrigsten Familien des Pflanzenreiches überhaupt, nämlich der Tange, Fig. 73, aufgefunden wurden, welche alle nur in dem Meere vorkommen. Es gehören die Tange (Fucoiden) in die Ordnung der Algen, alles Wassergewächse von gewöhnlich grüner, rother oder brauner Farbe, die bald aus einfachen Zellen, bald aus einfachen oder verästeltem Fäden, bald aus Zellenausbreitungen bestehen, die mehr oder weniger Stämme, Aeste und Blätter nachahmen können. Die Sporen entwickeln sich innerhalb der Zellen selbst und treten meistens mit besonderen Bewegungsorganen versehen durch Platzen nach aussen hervor. Die Tange nehmen die höchste Stelle in dieser Ordnung ein und wiederholen in ihren äusseren Formen oft sehr täuschend die Gestalten höherer Gewächse, indem sich an ihnen mehr oder minder lange Stämme, Zweige und Blätter unterscheiden lassen, in deren Innerem besondere Sporenbehälter sich entwickeln, die ausser den Keimkörnern noch mannigfaltige andere fadenartige Gebilde enthalten und zuweilen auf der Aussenfläche hervortreten. Die Tange überziehen gewöhnlich die Meeresufer bis auf eine gewisse Tiefe und bilden ausserdem nicht selten ungeheure Massen — gewissermaassen Bänke, welche in dem Seewasser schwimmen und einer Menge niederer Thiere zum Aufenthalte dienen. Die Versteinerungen, welche von diesen Gewächsen herrühren, bilden gewöhnlich fadenartige Wülste von verschiedener Gestalt ohne weitere bestimmte Structur, da die zarten Zellen, welche die Pflanze zusammensetzten, längst zu Grunde gegangen sind. So charakteristisch deshalb auch diese Versteinerungen für manche Schichten sein mögen, so darf man doch auf der anderen Seite nicht vergessen, dass Deformationen dieser zarten Gebilde namentlich auch durch die Fäulniss eintreten und dass deshalb eine specifische Bestimmung derselben stets den bedeutendsten Schwierigkeiten unterliegt.

Fig. 73.



Butholepis antiquata.
Aus dem Kalksandsteine des untersilurischen Systemes von New-York.

§. 304. Was die Thierschöpfung betrifft, so sehen wir unter den Versteinerungen der silurischen Gebilde die Hauptkreise des Thierreiches vertreten, wenn auch erst in den obersilurischen Schichten, indem in den untersilurischen bis jetzt noch durchaus keine Repräsentanten der Wirbelthiere nachgewiesen sind. Die Strahlthiere, welche sich bekanntlich dadurch auszeichnen, dass ihre Organe strahlenförmig um eine mittlere Axe gruppirt sind, sind in zwei Classen, den Polypen und den Stachelhäutern, repräsentirt, die übrigen Classen des Kreises enthalten nur gallertartige Thiere, welche keiner Erhaltung fähig waren.

Die Polypen zeichnen sich bekanntlich durch einen cylindrischen Körper aus, welcher an seinem vorderen Ende einen Kranz von Fühlern trägt, die um den centralen Mund stehen. Der Mund führt in einen mit eigenen Wänden versehenen Verdauungssack, der nach hinten durch Spalten sich in die Höhle des cylindrischen Leibes öffnet, so dass die aus der Nahrung ausgesogenen Säfte unmittelbar in die Leibeshöhle übertreten. Die Geschlechtstheile bilden bandartige Streifen, welche von dem Verdauungssacke in die Leibeshöhle hinabreichen. Selten nur sind die Polypen isolirt, gewöhnlich bilden sie Stöcke, in denen die durch Knospung entstandenen Jungen mit den älteren Thieren in Zusammenhang bleiben. Auf diese Weise werden Colonien hergestellt, in welchen die einzelnen Thiere auf einer gemeinsamen Basis ruhen, welche von Canälen durchzogen ist, die die Leibeshöhlen sämmtlicher Einzelthiere mit einander in Communication setzen. Die Erhaltung der Polypen wird dadurch bedingt, dass in ihrer äusseren Haut, sowie in ihren inneren Organen, namentlich in den bandartigen Streifen, auf welchen die Geschlechtstheile angeheftet sind, sich Kalkmasse absetzt, wodurch dann Stöcke gebildet werden, an welchen jedes Einzelthier eine besondere Zelle hat, in die es sich zurückziehen kann. Die Bildung der Polypenstöcke beginnt mit einem sogenannten Fussblatte, welches sich in eine Verhärtung der äusseren Haut fortsetzt, die eine Art Düte bildet, und die man das Mauerblatt nennt. In die Zellen hinein ragen die Strahlen, und die Verschiedenheit der einzelnen Polypenstöcke wird theils durch die abwechselnden Verhältnisse der genannten Theile, theils durch die Ausfüllung zwischen den Zellen, theils auch durch die Gestaltung des Stocks im Ganzen bestimmt, welche bald mehr baumartig und verästelt, bald mehr massig erscheint. Die Polypenstöcke bilden nun schon in den unteren silurischen Schichten an vielen Stellen durch ihre Anhäufung förmliche Korallenbänke und Riffe, ähnlich denen der Südsee, ein Beweis, dass in jener Zeit eine warme tropische See unter analogen Bedingungen wie jetzt in der Südsee existirte. In dem untersilurischen Systeme erwähnen wir hier besonders die Cyathophyllen, Fig. 74, deren ganze Familie sich dadurch auszeichnet, dass sie einfache oder verästelte Polypenstöcke von Becherform mit wohlausgebildeten Strahlen besitzen, deren

Zellen durch schiefe oder quere Bodenwände in übereinander liegende Abtheilungen getheilt sind. Die Gattung *Cyathophyllum*, von der wir hier eine Art abbilden, die sich in beiden silurischen Schichtensystemen sowohl wie auch in dem devonischen findet, zeigt zahlreiche innere Strahlen und feine äussere Rippchen mit zahlreichen inneren Scheide-

Fig. 74.



Cyathophyllum caespitosum.
In beiden silurischen und im devonischen Systeme vorkommend.

Fig. 75.



Cyathaxonia Dalmani.
Aus dem obersilurischen Systeme.

wänden. Ihr nahe steht die Gattung *Cyathaxonia*, Fig. 75, die sich durch die zapfenförmige Säule in der Mitte des Bechers unterscheidet.

Die Familie der Orgelkorallen (*Tubiporida*) hat Einzelthiere mit nicht breiten, dreieckigen blattartigen Fühlern, deren Zellen einzelne, gewöhnlich parallele rundliche Röhren darstellen, in deren Innerem sich keine Strahlen noch Scheidewände wahrnehmen lassen. Die Gattung *Aulopora*, Fig. 76, von welcher wir hier eine Art abbilden, die in den obersilurischen Schichten, sowie in dem devonischen Systeme häufig vorkommt, zeichnet sich dadurch aus, dass ihre Röhren netzartig mit einander verbunden sind und hier und da runde Oeffnungen zeigen. Die Polypenstöcke kriechen gleichsam über die Oberfläche der Steinmassen weg, an denen sie sich festgesetzt haben. §. 305.

Fig. 76.



Aulopora serpens.
Aus dem obersilurischen und devonischen Systeme.

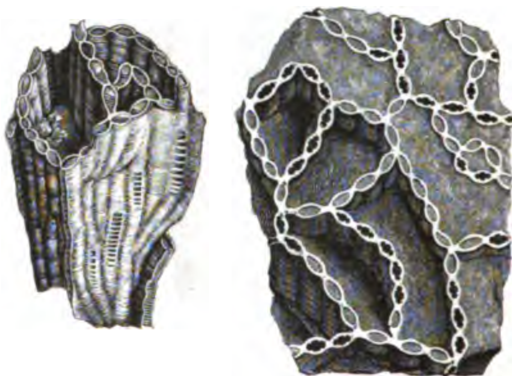
§. 306. Die bedeutendsten Korallenstöcke der silurischen Gesteine werden von der Familie der **Röhrenkorallen** (*Favositida*) gebildet, massigen Polypenstöcken, die aus einzelnen cylindrischen Röhrenzellen gebildet werden, in denen sich zahlreiche horizontale Querscheidewände, aber keine inneren Strahlen zeigen. Die Gattungen *Favosites*, Fig. 77, deren einzelne Röhrchen baumartig zusammen gruppirt sind und fast schuppenartig übereinander lagern, *Catenipora*, Fig. 78, deren lange Zellen in verschlungenen Reihen senkrecht neben einander stehen, und *Syringopora*, Fig. 79, deren zuweilen verästelte Röhrenzellen durch Querröhren mit einander communiciren, charakterisiren durch die hier abgebildeten Arten hauptsächlich die obersilurischen Schichten und bilden zuweilen ungeheure steinige Massen, die den grössten unserer jetzigen Steinkorallen nichts nachgeben.

Fig. 77.



Favosites polymorpha.
Aus dem obersilurischen Systeme Englands.

Fig. 78.



Catenipora escharoides.
Aus dem obersilurischen Systeme Englands.

Fig. 79.

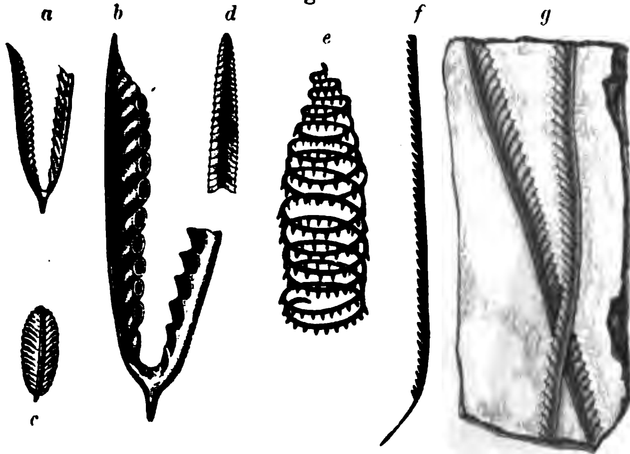


Syringopora bifurcata.
Aus dem obersilurischen Systeme Englands.

§. 307. Eine höchst eigenthümliche Familie der Polypen, die nur auf die silurischen Gebilde beschränkt ist, und deshalb vortreffliche Leiter für

die Einreihung zweifelhafter und sonst versteinerungsloser Gesteine bildet, wird von den Graptolithen hergestellt. Ehe Barrande durch

Fig. 80.



a Graptolithus (*Prionotus*) *geminus*. *b* Derselbe vergrössert. *c Graptolithus* (*Diplograpsus*) *folium*. *d Retiolites* (*Gladiolites*) *Geinitzianus*. *e Graptolithus turriculatus*. *f Grapt. Beckii*. *g Grapt. latus*.
a b c aus Norwegen. *d e f* aus Böhmen. *g* aus England.

umfassende und mühevolle Untersuchungen in Böhmen die Natur dieser Versteinerungen feststellte, wurden sie bald zu den Pflanzen, bald zu den Rhizopoden, Medusen oder gar zu den Cephalopoden gezählt. Man weiss jetzt, dass diese Polypen den Seefedern, welche noch heute in unseren Meeren sich finden, am nächsten standen, und dass sie im Wesentlichen aus einer Axe bestanden, an welcher sich bald eine, bald zwei Reihen von Zellen über einander entwickelten, in welchen die Polypen sassen. Meist sind die Zellen in der Weise platt gedrückt, dass man nur ihren Rand in der Form von Sägezähnen unterscheidet. An der Axe lief ein Canal hinab, welcher alle Zellen mit einander verband, so dass also ein jeder Graptolith eine Polypencolonie darstellt, in welcher sämmtliche Polypen durch einen einzigen gemeinschaftlichen Canal verbunden sind. Die Zellen stehen bald einzeilig, bald zweizeilig längs der Axe, die nach unten einen soliden Stiel darstellt, mit welchem die Graptolithen wahrscheinlich, wie die übrigen Seefedern, im Grunde der See feststaken. Nicht selten kommen Arten vor, die sich theilen, so dass auf einem gemeinschaftlichen Stiele zwei Axen in Gabelform, jede mit Zellen, sitzen. Die Substanz, aus welcher die Zellen gebildet waren, näherte sich jedenfalls mehr der hornartigen Substanz, die wir z. B. bei Gorgonien sehen, und enthielt keinen Kalk, so dass sie eine bedeutende Biegsamkeit besass. Die Veränderungen, welche viele Graptolithen, besonders die zweizeiligen,

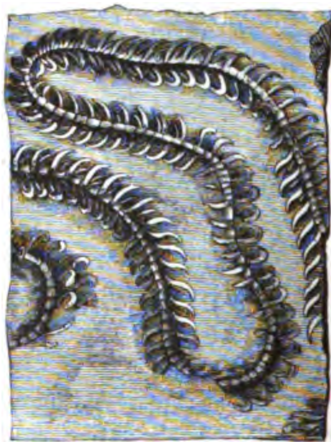
durch den Druck erleiden, sind deshalb ungemein gross und die Unterscheidung der Arten schwierig. Bei einigen Graptolithen-Arten kommen indess spiralige constante Windungen vor, während die sonst sich findenden Biegungen meist nur zufällige Resultate des Druckes sind.

Die Biegsamkeit der Axe scheint bei denjenigen Gattungen am grössten gewesen zu sein, die man bisher als Ringelwürmer ansah und unter den Namen *Nereites* und *Myrianites* anführte, Fig. 81 und 82.

Fig. 81.



Fig. 82.



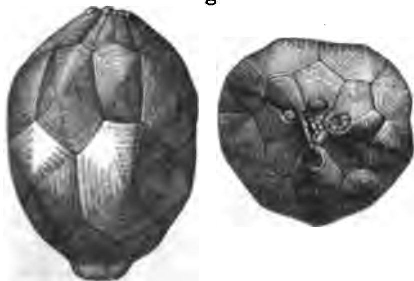
Nereites cambriensis.
Aus der untersilurischen Grauwacke des Thüringer Waldes und Englands.

Wahrscheinlich waren diese Körper sehr biegsame, mehr oder minder freie, doppelzeilige Graptolithen mit breiter Axe, deren Seitenzellen bisher als Ruderfüsse der vermeinten Anneliden angesehen wurden.

§. 308. Die Classe der Stachelhäuter (*Echinodermata*) ist wesentlich durch eine höchst eigenthümliche Familie charakterisirt, welche nur in den silurischen Schichten vorkommt und mit denselben gänzlich ausstirbt, so dass ein jeder Ueberrest dieser Familie charakteristisch für die Schichten dieses Systemes ist. Die armlosen Crinoiden oder die Seeäpfel (*Cystocrinida*) haben einen eiförmigen oder runden Körper, gewöhnlich mit drei Oeffnungen, centralem Munde, einem etwas seitlich gestellten After und einer grossen, meist durch besondere Klappen geschützten Geschlechtsöffnung, welche ebenfalls seitlich angebracht ist. Bewegungs- und Fangorgane fehlen durchaus; der ganze Körper ist durch eckige meist gerippte Tafeln rundum geschlossen und lässt aus einem kleinen Knötchen an dem unteren Pole schliessen, dass die

Thiere wahrscheinlich mit einem kurzen, vielleicht biegsamen Stiele an dem Boden befestigt waren. Die Gattung *Hemicosmites*, Fig. 83, welche wir hier abbilden, besteht aus vier Tafelreihen, die sich von unten nach oben in der Weise schliessen, dass vier Grundtafeln eine zweite Reihe von sechseckigen grossen Tafeln tragen, über welchen eine dritte Reihe von neun und eine vierte von acht Stücken folgt, welche die drei Oeffnungen einschliesst; sie kommt einzig in dem untersilurischen Systeme vor.

Fig. 83.



Hemicosmites pyriformis.
Aus dem untersilurischen Systeme Russlands.

§. 309. Schon in diesem, noch mehr aber in dem obersilurischen Systeme findet sich die Familie der eigentlichen Seelilien (*Encrinida*), Fig. 84 und 85, welche alle einen becherförmigen Körper besitzen, auf dessen oberer Fläche Mund und After neben einander stehen, und dessen Rand mit bald einfachen, bald verästelten Armen besetzt ist, die wieder secundäre Strahlen tragen und sich öffnen oder schliessen konnten. Der Körper ist durch einen mehr oder minder langen Stiel, der aus übereinander gelegten Kalkstückchen zusammengesetzt ist, an den Boden geheftet. Die Zusammensetzung des becherförmigen Körpers aus einzelnen Tafeln, die Bildung des Stieles und der Arme bieten vielfache Unterscheidungsmerkmale dar, auf welche gestützt, man eine grosse Anzahl von Gattungen

Fig. 84.



Fig. 85.



Hypanthocrinus decorus. *Dimerocrinus icosidactylus.*
Beide aus dem obersilurischen Systeme Englands.

und Arten aufgestellt hat. Die hier abgebildeten Arten, welche alle für das obersilurische System charakteristisch sind, gehören der Familie der Actinocriniden an, welche sich durch eine lange runde Säule, wenig zusammenhaltende Täfelchen und lange mehrfach getheilte Arme auszeichnen, deren innere Seiten mit Strahlen wie der Bart einer Feder besetzt sind. Es würde zu weit führen, auf die Charakteristik dieser Gattungen einzugehen, da hierzu die nähere Beschreibung der Anordnung der einzelnen Täfelchen nöthig ist.

§. 310. Ausser der Ordnung der Seelilien, welche durch ihre gestielten Familien in dem silurischen Systeme vertreten sind, finden wir indessen auch die Seesterne (*Stellerida*), und zwar durch eigentliche Seesterne sowohl wie durch Schlangensterne vertreten. Die Schlangensterne (*Ophiurida*), Fig. 86, besitzen eine rundliche Mittelscheibe mit einem

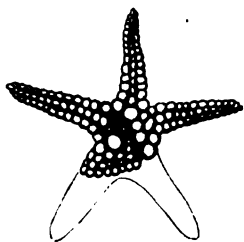
Fig. 86.



Ophiura constellata.
Aus den obersilurischen Schiefern von Montrepuis (Aisne) in Frankreich.

centralen Munde, die alle Eingeweide enthält und von welcher aus fünf äusserst biegsame Arme ausgehen, die keinen inneren Canal und keine untere Furche besitzen. Sie kommen zuerst in dem obersilurischen Systeme vor; bei den eigentlichen Seesternen (*Asterida*), Fig. 87, findet sich zwar auch eine mittlere Körperscheibe, die aber bald mehr bald minder in Ecken oder Arme ausgezogen ist, die auf ihrer Unterfläche Furchen besitzen, durch welche besondere Saugfüsse hervortreten können; die in der Körperscheibe gelegenen Eingeweide schicken Verästelungen in diese sogenannten Arme hinein, wodurch diese sich wesentlich von den Armen der Schlangensterne unterscheiden. Die

Fig. 87.

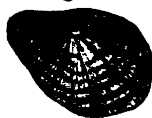


Coelaster matutinus.
Aus dem Trentonkalke von New-York.

hier abgebildete Art wurde bis jetzt nur in dem untersilurischen Systeme Nordamerikas gefunden.

Die Classe der Moosthiere (*Bryozoa*), die man früher mit den Polypen zusammenwarf, die sich aber wesentlich von ihnen unterscheiden und mit den Mantelthieren eine Gruppe des Thierreiches ausmachen, die am nächsten an die Schalthiere herangeht, sind in dem silurischen Systeme schon reichlich repräsentirt. Es bilden diese Moosthiere stets Colonien, und ihre Polypenstöcke sind von Zellen gebildet, welche niemals innere Strahlen, dagegen sehr häufig Spitzen, Stacheln und selbst Deckel besitzen. Die in diesen Zellen lebenden Thiere unterscheiden sich von den Polypen namentlich durch die Organisation ihres Darmcanals, der schlingenförmig sich umbiegt und in einem After neben dem Munde sich öffnet, durch wimpernde Fangfäden und durch die Existenz eines einfachen Nervenknotens. Die Polypenstöcke selbst sind meistens nur klein und zeigen sich häufig nicht isolirt, sondern nur als Incrustationen über anderen Körpern. Die hier abgebildeten Arten, Fig. 88 und 89, die beide sowohl in dem obersilurischen, wie in dem devonischen Systeme vorkommen, gehören zu der Familie der Tausendwirbler (*Milleporida*), deren kalkige, einfach runde Zellen durch eine Verbindungsmasse so verschmolzen sind, dass nur ein Theil der vorderen Mündung becherförmig auf der Oberfläche erscheint. §. 311.

Fig. 88.



Retepora infundibulum.

Fig. 89.



Fenesrella assimilis.

Die Muschelthiere (*Acephala*) sind hauptsächlich in dem silurischen Systeme durch die Unterclasse der Armfüssler (*Brachiopoda*) vertreten.. Der Körper der Armfüssler ist stets von einer zweiklappigen Schale umschlossen, deren beide Hälften niemals einander vollkommen gleich, während dagegen die beiden Seiten fast stets einander ähnlich sind, so dass man die geschlossene Muschel, die auf der einen Schale liegt, durch einen senkrechten Schnitt in zwei gleiche Hälften theilen kann. Man hat demnach, statt wie bei den übrigen Muscheln eine linke und rechte Schale, einen oberen und unteren Rand zu unterscheiden, was auch nach der Lage des Afters geschehen sollte, die eine, gewöhnlich grössere oder gewölbte Schale die Rückenschale, die andere kleinere die Bauchschale genannt. Das Thier des Armfüsslers ist meistens klein im Verhältniss zur Schale selbst und zeichnet sich vor den übrigen Muschelthieren durch höchst merkwürdige Eigenthümlichkeiten aus. Der Sack, welcher die Eingeweide umhüllt, setzt sich nach unten zu in einen aus doppelten Blättern bestehenden Mantel fort, dessen inneres Blatt weitläufige Gefässverzweigungen §. 312.

trägt und das eigentliche Respirationsorgan bildet. Der Mund befindet sich zwischen den beiden Mantelblättern in der Mitte, der After am Rande der Schale, so dass nach ihm das Vorn und Hinten bestimmt werden könnte. Es existiren stets zwei Herzen, welche direct mit der Höhlung des Eingeweidesackes communiciren; das merkwürdigste Organ sind die Arme, zwei zwischen den Mantelblättern gelegene, meist spiralig aufgerollte Fortsätze, welche aus einer muskulösen Röhre bestehen, mit contractilen Fäden besetzt sind und während des Lebens mehr oder minder entfaltet werden können. Gewöhnlich werden diese Arme durch ein knöchernes oder kalkiges Gerüst getragen, das oft sich weit in die Arme selbst fortsetzt und dann bei der Versteinerung zurückbleibt. Dieses Gerüst, sowie die Eindrücke, welche die Muskeln, die zum Oeffnen und Schliessen der Schale bestimmt sind, zurücklassen, geben den Muscheln der Armfüssler ein höchst eigenthümliches Gepräge. Dieses wird noch dadurch vermehrt, dass alle diese Muscheln während des Lebens festgeheftet sind, bald durch unmittelbares Aufwachsen der einen Schale, bald auch durch einen besonderen Muskelstiel, welcher an dem Schlosse der Schale hervortritt. Die eine Schale, und zwar die grössere, ist zu diesem Endzwecke meist schnabelförmig umgekrümmt und ausgezogen, so dass sie sich über das Schloss herüberbiegt, und dieser Schnabel zeigt bald an der Spitze, bald unter derselben eine Oeffnung zum Durchlassen der Anheftungsmuskeln. Da die Bauchschale gewöhnlich weit kleiner ist und das Schloss mehr oder minder geradlinigt, so entsteht dadurch zwischen dem Schnabel und dem Schlossrande ein meist dreieckiger Raum, den man das Schlossfeld (*Area*) nennt. Die Oeffnung zum Durchtritt des Anhefteapparates, welche wir soeben erwähnten, liegt gewöhnlich in dem Schlossfelde selbst und wird häufig noch mehr oder minder vollständig durch zwei kleine dreieckige Stückchen nach unten geschlossen, die wie eine Flügelthür zusammenschliessen. Man nennt sie das Deltidium. Die verschiedenen Verhältnisse dieser einzelnen Theile zu einander lassen eine grosse Mannigfaltigkeit von Formen hervortreten, die um so mehr Aufmerksamkeit verdienen, als die Armfüssler gerade in den ältesten Schichten der Erde mit bedeutenden Massen auftreten und ein grosses Uebergewicht über die übrigen Muschelthiere behaupten, von dem sie nach und nach zurücksinken. Im silurischen Systeme treten schon die beiden Unterordnungen der Armfüssler auf, welche man danach unterschieden hat, ob die Arme frei, fleischig und sehr ausdehnbar sind und sich demnach bei der Versteinerung nicht erhalten, oder ob sie grösstentheils durch ein kalkiges Gerüst gestützt sind, welches innerhalb der versteinerten Schalen sich findet.

§. 313. Zu der Unterordnung mit freien Armen gehört die Familie der Zungenmuscheln (*Lingulida*), Fig. 90, deren dünne hornige, schlosslose Schalen fast vollkommen gleich sind und weder ein Schlossfeld

noch eine Oeffnung zeigen, da der Muskel, durch welchen sie angeheftet sind, an den Schalen selbst durchgeht. Die beiden bekannten Gattungen dieser Familien, *Lingula*, Fig. 91, und *Obolus*, unterscheiden

Fig. 90.



Ein Stück Potsdamsandstein mit *Lingula prima*. Daneben *Lingula antiqua*.

Fig. 91.



Lingula Lowisii. Aus dem obersilur. Systeme.

sich nur dadurch, dass letztere an der einen Schale einen Spalt besitzt, welcher der ersteren abgeht. Die Schalen einiger kleinen Arten sind namentlich für diejenigen Sandsteine charakteristisch, welche dem Potsdamsandsteine Nordamerikas oder dem Obolussandsteine Russlands entsprechen und dem unteren silurischen Systeme angehören.

Die Familie der Productiden besteht aus scheinbar freien Muscheln, die keine Oeffnung an den Schalen für den Durchtritt eines Anheftungsmuskels zeigen, sondern wahrscheinlich durch sehnigte, vom Schlossrande ausgehende Fäden befestigt waren; die Schalen sind meist hier und da durchbohrt oder mit durchbohrten Röhren besetzt, welche mit Fortsetzungen der Mantelblätter in Verbindung standen. Das Schlossfeld ist gewöhnlich kaum entwickelt. Die Gattung *Chonetes*, Fig. 92, zeigt ein sehr kleines niedergedrücktes Schlossfeld und stachelartige Röhren, welche nur auf dem Schlossrande der grossen Schale stehen, die stark gewölbt ist, während die andere flach oder selbst eingedrückt erscheint. Die hier abgebildete Art findet sich häufig in den obersilurischen Schichten, geht aber auch durch das ganze devonische System hindurch bis in die Steinkohlenschichten hinein. §. 314.

Fig. 92.



Chonetes sarcinulata.

Die Familie der Orthisiden kommt der vorigen nahe, unterscheidet sich aber dadurch, dass beide Schalen ein Schlossfeld besitzen, und dass an der grossen Schale eine weite Oeffnung für den Durchtritt eines Anheftungsmuskels existirt. Die Röhren, welche die vorige Familie charakterisirten, fehlen hier gänzlich. Die Gattung *Orthisina*, deren hier abgebildete Art, Fig. 93 (s. f. S.), die untersilurischen Schichten charakterisirt, zeigt das Schlossfeld und den Schnabel der grossen Schale ausserordentlich entwickelt und eine rundliche Oeffnung in- §. 315.

mitten eines grossen dreieckigen Deltidiums, während die Gattung *Orthis*, Fig. 94, stets eine dreieckige Oeffnung ohne Deltidium zeigt, bei geringer Entwickelung des Schnabels der Rückenschale. Die abgebildete Art charakterisirt die obersilurischen Schichten.

Fig. 93.



Orthisina Verneuili.

Fig. 94.



Orthis rustica. e Schlossfeld.

§. 316. Die Familie der Pentameriden, die nur in den Uebergangsgebilden vorkommt, zeigt sehr dicke bauchige Schalen ohne Oeffnung und ohne Schlossfeld mit stark eingekrümmten Buckeln, die auf der inneren Seite der kleinen Schale einen Stützapparat für die fleischigen Arme zeigen. Die Gattung *Pentamerus*, Fig. 95 und 96, von welcher die

Fig. 95.



Fig. 96.

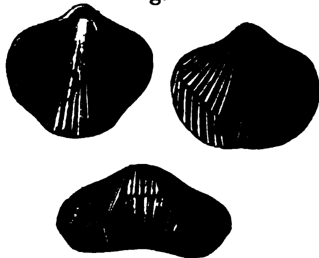


Pentamerus Knightii. Von der Seite und durchschnitten.

abgebildete Art die obersilurischen Schichten charakterisirt, zeigt besonders einen sehr stark entwickelten Schnabel an der grossen Schale und innen in der Muschel senkrechte Scheidewände, eine auf der kleinen, zwei auf der grossen Schale, so dass der innere Raum in fünf grosse Abtheilungen oder Kammern getheilt ist.

§. 317. Zu der Unterordnung der Armfüssler mit knöchernen Stellgerüsten, welche bei der Versteinerung zurückbleiben, gehört vor Allem die äusserst zahlreiche Familie der Lochmuscheln (*Terebratulida*), Fig. 97, deren stets gewölbte Schalen im Inneren ein knöchernes in Form einer Schlinge angebrachtes Gerüst zur Unterstützung der Arme zeigen, welches auf der kleineren Schalenhälfte angeheftet ist. Die grosse Schale ist stark schnabelförmig vorgezogen. Die runde Durchtrittsöffnung an der Spitze des Schnabels angebracht und von dem

Fig. 97.



Terebratula Wilsoni. Eifel.

Schlossfelde durch ein kleines Deltidium getrennt. Die hier abgebildete Art findet sich in den obersilurischen Schichten.

Die Familie der **Spiriferiden** zeigt gewölbte, meist faserige Schalen, die im Inneren ein ganz ungeheures, spiralig gewundenes Armgerüste besitzen, das fast den ganzen inneren Raum der Schale einnimmt. Das Schlossfeld ist gewöhnlich sehr gross dreieckig, die Oeffnung meistens dreieckig. Die Gattung *Spirifer*, Fig. 98, zeigt meist in die Quere verlängerte Schalen mit einer grossen dreieckigen einfachen Oeffnung auf dreieckigem Schlossfelde ohne schliessendes Deltidium. Die hier abgebildete Art ist charakteristisch für die obersilurischen Schichten. §. 318.

Fig. 98.



Spirifer radiatus.

Die **Orbiculiden** haben meist kleine hornige oder röhrige Schalen von sehr ungleicher Gestalt, ohne Schloss, ohne Schlossfeld und ohne Deltidium. Die untere Schale ist gewöhnlich die grösste, gewölbt oder eben und durch Fasern, welche aus einer Oeffnung austreten, an den Boden geheftet, während die kleinere, obere, deckelförmige Schale gewöhnlich konisch und ohne Oeffnung ist. Die Arme des Thieres sind angeheftet, aber weich und ohne Gerüste, so dass sie bei der Versteinerung verloren gehen. Die Gattung *Siphonotreta*, Fig. 99, welche dieser Familie angehört, hat eine löcherige Schale, deren untere Hälfte an dem Schnabel eine runde Oeffnung hat. Die einzigen bekannten Arten kommen nur im untersilurischen Systeme vor. §. 319.

Fig. 99.



Siphonotreta verrucosa.
Von unten u. von der Seite.

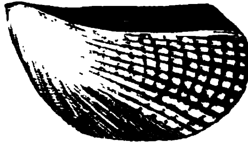
Die **Blattkiemer** (*Lamellibranchia*) unterscheiden sich in ihrer Organisation von den Armfüsslern wesentlich dadurch, dass sie auf beiden Seiten zuerst von einem muskulösen Mantel und dann von zwei Kiemenblättern jederseits eingefasst sind. Als Bewegungsorgan dient diesen Thieren eine fleischige, meist keilförmig gebildete Muskelmasse, welche in zurückgezogenem Zustande zwischen den Kiemen und Mantelblättern liegt, und der Fuss genannt wird. Die Schalen, welche stets wie die Deckel eines Buches den Körper einschliessen, werden durch einen oder zwei Muskeln geschlossen und durch eine elastische Bandmasse geöffnet, welche an dem Schalenschlosse liegt und durch ihre Elasticität auch nach dem Tode des Thieres die Oeffnung der Schalenhälften bedingt. Der Mantel ist bald vollständig frei, bald mehr oder minder geschlossen, so dass nur besondere Oeffnungen für den Fuss, für die Athem- und Afterröhre übrig bleiben. In diesem Falle ist er mehr oder minder bedeutend ausgeschnitten, und hinterlässt dann, §. 320.

nebst den Muskeln charakteristische Eindrücke auf der Innenseite der Schalen, welche für die Unterscheidung der Gattungen und Arten oft sehr wichtig sind. Für den Paläontologen sind die Schalen besonders wichtig, die stets durch ein Schloss mit einander vereinigt sind, welches oft vorspringende und einspringende Theile hat, welche man die Schlosszähne nennt und deren Anordnung stets sehr charakteristisch ist. Auf der Aussenseite zeigen die Schalen concentrische Anwachsstreifen, welche von zwei Erhöhungen ausgehen, die meist über das Schloss sich herüber krümmen, und die Wirbel genannt werden. Gewöhnlich zeigt sich vor diesen Wirbeln ein mehr oder minder abgegrenzter Raum, den man den Hofraum, und dahinter ein anderer, den man das Schildchen nennt. Viele Schalen schliessen vollkommen an ihrem ganzen Umkreise, andere aber sind bald mehr, bald minder vorn oder hinten geöffnet, weshalb man sie dann klaffende Muscheln nennt. Dasjenige Ende, wo der Mund liegt, ist gewöhnlich rundlich oder abgestutzt, das andere hintere mehr in die Länge gezogen, um die röhrenartigen Verlängerungen des Mantels zu beschützen, welche von dem hinteren Körperende ausgehen, und durch die das Athemwasser eingezogen und nebst den Excrementen wieder ausgespritzt wird. Bei den meisten Muscheln sind beide Schalenhälften gleich, bei vielen aber, wie bei der Auster z. B. oder bei der Kammmuschel, ungleich, so dass man, wie bei den Armfüsslern, eine grössere und kleinere Schale unterscheiden kann. Diese letzteren liegen dann gewöhnlich so auf dem Boden, dass die grössere Schale sich unten befindet, die kleinere dagegen den Deckel bildet. Die anderen Muscheln leben meist vergraben im Sande, Schlamme oder auch selbst in Felsen und anderen Körpern unter dem Wasser und nehmen dann stets eine solche Stellung an, dass das vordere Ende, wo der Mund sich befindet, von dem Wasser abgekehrt ist, während der After nach dem Wasser zugewendet wird, so dass, wenn die Muscheln auf dem Boden leben, das Mundende nach unten, das Afterende nach oben gerichtet ist. Der Grund dieser Stellung liegt einfach darin, dass die meisten auf diese Weise sich einbohrenden Muscheln mehr oder minder lange Athemröhren besitzen, welche über die Oberfläche des Schlammes oder Sandes hervorgestreckt werden und von hieraus das Wasser einziehen. Die Beachtung der Stellung selbst erscheint aber namentlich deshalb wichtig, weil man aus ihr entnehmen kann, ob die Muscheln an Ort und Stelle gelebt haben, oder ob sie als todte Körper durch Strömung oder auf andere Weise abgesetzt wurden.

§. 321. Wir bemerkten schon im Vorhergehenden, dass die Muschelthiere in den silurischen Schichten verhältnissmässig nur sehr schwach repräsentirt sind und sehr gegen die Armfüssler zurücksinken; indessen sind doch die Hauptordnungen, die Seitenmuscheln (*Pleuroconcha*) und Geradmuscheln (*Orthoconcha*), schon in den silurischen Schichten vertreten. Zu den letzteren gehören die Perlenmuscheln (*Aviculida*) mit

gleichschaligen, aussen blätterigen, innen sehr glatten gleichseitigen Schalen, deren Schloss gerade, linienförmig und gewöhnlich ganz zahnlos ist. Das Schlossband liegt aussen, die Wirbel sind stark nach vorn geneigt, so dass die Schalen fast dreieckig erscheinen; hinter ihnen findet sich meist ein starker Ausschnitt für einen faserigen Byssus, womit sich die Muscheln anheften. Im Inneren der Schalen bemerkt man einen grossen hinteren Muskeleindruck und einen kleinen vorderen, der oft fast verschwindet. Bei den eigentlichen Vogelmuscheln (*Avicula*), Fig. 100, deren hier abgebildete Art die obersilurischen Schichten charakterisirt und namentlich in England häufig vorkommt, hat das Schloss einen kleinen Zahn, und das Schlossband ist nur einfach und geradlinigt, während oft sogar die Umgegend röhrenförmig ausgezogen ist.

Fig. 100.



Avicula lineata.
Aus den obersilurischen Schichten Englands.

Die Gattung *Orthonota*, Fig. 101, welche einzig nur in den silurischen Schichten vorkommt, gehört zu der Familie der Lediden, die sehr regelmässige Muscheln zeigt, deren Manteleindruck an der hinteren Seite stark ausgeschnitten ist und sonach auf die Existenz von Athemröhren hinweist. Es finden sich stets zwei fast gleiche Muskeleindrücke und zahlreiche Zähne und Gruben an dem Schlosse, welches fast geradlinigt ist. Die Gattung *Orthonota* klafft hinten und vorn und zeigt an dem Schlossfelde, namentlich auf der hinteren Seite, schiefe Zähne und Falten. §. 322.

Fig. 101.



Orthonota impressa.
Aus den silurischen Schichten Englands.

Die Classe der Schnecken (*Cephalophora*), welche die höchste Abtheilung der Weichthiere bildet, zeigt sich ebenfalls in einigen ihrer Hauptabtheilungen schon in den silurischen Schichten vertreten. Alle Schnecken haben nur eine einzige Schale, die meistens aus einer mehr oder minder gewundenen Röhre besteht, welche sich mit dem Wachsthume des Thieres allmälig erweitert, zuweilen aber auch auf dem ursprünglichen Standpunkte einer mehr oder minder gebogenen Mütze stehen bleibt. Die Oeffnung, durch welche das Thier aus der Schale hervorschaut, heisst die Mündung, das entgegengesetzte Ende der Schale die Spitze; an dem Munde unterscheidet man zwei Ränder, den äusseren convexen oder Lippenrand, den inneren oder Spindelrand, welcher der Axe der Schale zugewendet ist. Durch die Aneinanderlagerung der spiraligen Windungen entsteht in der Mitte der Schale eine Axe, um welche sich die Windungen drehen, und welche man die Spindel nennt. Berühren sich die Windungen in dieser Spindel nicht vollständig, so entsteht eine trichterförmige Höhlung, die man den Nabel nennt. Die Schnecken §. 323.

selbst unterscheiden sich von den Muschelthieren durch einen mehr oder minder ausgebildeten Kopf, in welchem der Nervenring, die Sinnesorgane und die meist bewaffnete Mundöffnung liegen, durch ihre Bewegungsorgane und durch die ganze Anordnung ihrer Eingeweide, welche gewöhnlich mehr oder minder vollständig in dem Gehäuse verborgen sind.

§. 324. Zu der Unterclasse der Kielfüsser (*Heteropoda*), welche sich von den übrigen Schnecken durch die Ausbildung ihres Fusses zum Schwimmorgane unterscheidet, gehört die Gattung *Bellerophon*, deren hier abgebildete Art in beiden silurischen Schichtensystemen vorkommt. Die Kielfüsser sind alle Bewohner der See und besitzen in der Mitte des Körpers einen kielförmigen Lappen, durch dessen Schwingungen die Thiere ziemlich schnell schwimmen können. Die hauptsächlichsten Eingeweide sind gewöhnlich von einer Schale eingeschlossen, die bald mützenförmig, bald gewunden ist. Die Athemorgane sind baumförmige Kiemen; die Gattung *Bellerophon*, Fig. 102, hat spiralige Schalen, die so aufgerollt sind, dass die letzte Windung gewöhnlich alle vorigen umfasst und deckt. Die Mundöffnung ist einfach, oft trompetenartig umgeschlagen, der Rand schneidend und in der Mitte auf der convexen Seite mit einem Ausschnitte versehen, der auf der Schale eine Art Kiel hinterlässt. Man ist noch vielfach zweifelhaft, ob diese vollständig ausgestorbene Gattung, die mit dem Kohlensysteme verschwindet, den Kielfüssern oder eigentlichen Schnecken angehört.

Fig. 102.



Bellerophon bilobatus.
Aus beiden silurischen Systemen.

§. 325. Die eigentlichen Schnecken (*Gasteropoda*) besitzen alle einen mehr oder minder ausgebildeten fleischigen Fuss, welcher ihnen zum Kriechen dient. Die in den silurischen Abtheilungen vorkommenden gehören alle zu den Kiemenschnecken, und merkwürdiger Weise finden sich nirgends in den silurischen Schichten andere Schnecken als mit vollständiger rundlicher Mundöffnung ohne Canal an der Spindelseite. Die Kreiselschnecken (*Trochida*) haben ein dickes, kegelförmiges, rundes, meist innen mit Perlmutter ausgelegtes Gehäuse, dessen Mundöffnung stets ganz und meistens rund oder eckig ist. Die Gattung *Euomphalus* Fig. 103, welche dieser Familie angehört, zeigt stets einen sehr breiten Nabel und sehr niedergedrückte Windungen, die meist sogar in einer

Fig. 103.



Euomphalus rugosus.
Aus dem obersilurischen Systeme.

und derselben Ebene liegen. Der Mundrand ist rund oder eckig, die Windungen selbst meist mit schwachen Leisten oder Erhöhungen geziert. Die abgebildete Art ist charakteristisch für das obersilurische System.

§. 326. Die Familie der Seeohren (*Haliotida*) besitzt flache ohrförmige oder kegelförmige, meist zusammengedrückte Schalen, die in der Nähe der ganzen Mundöffnung Löcher oder auf der Aussenfläche einen Ausschnitt zeigen, der bei dem Zuwachsen eine Rippe auf den Windungen zurücklässt. Der Spalt oder die Löcher, welche auf diese Weise gebildet sind, hängen mit Fortsätzen des Mantels zusammen und dienen zum Einleiten des Wassers in das Innere. Die Gattung *Murchisonia* hat stets lange thurmförmige Gehäuse, die mitten auf dem Lippenrande einen Spalt zeigen, welcher nach und nach zuwächst und dort eine scharfe Leiste zurücklässt. Die Gattung kommt nur in den paläozoischen Schichten vor und stirbt mit dem permischen Systeme aus.

§. 327. Der Kreis der Kopffüssler (*Cephalopoda*) bildet eine höchst merkwürdige Abtheilung des Thierreichs, welche man bisher stets zu den Weichthieren gerechnet hat, aber ihrer abweichenden Organisation halber durchaus als einen selbstständigen Kreis anerkennen muss. Diejenigen Ordnungen derselben, welche in der heutigen Schöpfung nur noch durch eine einzige Gattung (*Nautilus*) vertreten sind, zeigen sich von dem ersten Beginn des organischen Lebens auf der Erde an in ungemein grosser Anzahl und Mannigfaltigkeit, so dass ihre Schalen einen wesentlichen Haltpunkt zur Unterscheidung der einzelnen Schichten geben. Der Körper der Kopffüssler besteht im Wesentlichen aus einem muskulösen Eingeweidesacke, welcher die Verdauungs- und Geschlechtswerkzeuge, die Circulations- und Athemorgane enthält und nach oben in einen Kopf übergeht, der an seinem vorderen Ende einen Kranz von Fangarmen trägt, in deren Mitte der mit starken Kiefern bewaffnete Mund sich befindet. Der muskulöse Mantel ist auf der Bauchseite nach vorn durch einen Querschlitz geöffnet, so dass das Athemwasser in eine Höhle eindringen kann, in welcher die Kiemen frei zu Tage liegen. Durch einen kegelförmigen Trichter, der über dieser Athemhöhle steht, wird das Wasser wieder ausgestossen und mittelst des Rückpralles schwimmt das Thier, das hintere Ende voran, in dem Wasser fort. In dem Trichter befindet sich zugleich die Ausführungsöffnung eines besonderen Sackes, welcher eine besondere Flüssigkeit, die unter dem Namen Sepia in der Malerei gebraucht wird, absondert. Bei drohender Gefahr spritzt das Thier diese Flüssigkeit aus und trübt dadurch das Wasser in weitem Umkreise. Der Kopf trägt zwei verhältnissmässig grosse Augen auf beiden Seiten und im Inneren einen rundlichen Knorpel, der das sehr entwickelte Nervensystem umschliesst. Die Fangarme, welche im Kranze um den Mund stehen, sind gewöhnlich mit Saugnäpfen oder mit Haken bewaffnet. Die nackten Kopf-

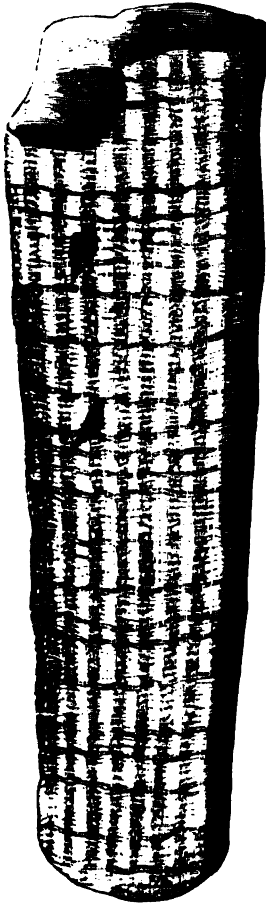
füssler, welche jetzt in grosser Anzahl in unseren Meeren vorkommen, besassen noch besondere innere Organe, innere Schalen, die wir später betrachten werden, da bis jetzt noch keine Ueberreste davon in den älteren Schichten gefunden worden sind.

§. 328. Um so häufiger sind die Ueberreste derjenigen Kopffüssler, welche äussere Schalen besassen und hierdurch dem jetzt lebenden Nautilus ähnlich sind. Dieses Thier unterscheidet sich von den nackten Kopffüsslern besonders durch zwei Punkte seiner Organisation, durch die Existenz von vier Kiemen, zweien auf jeder Seite, während die nackten Kopffüssler nur eine jederseits besitzen, und durch die Verkümmerung der Fangarme, welche durch geringelte Fühlfäden ersetzt sind, die in Büscheln zusammenstehen. Es ist demnach wahrscheinlich, dass die Bewohner der fossilen Schalen eine ähnliche Organisation besassen und zu den Vierkiemern gehörten. Alle diese Schalen sind, wie die Schalen des lebenden Nautilus ebenfalls, gekammert, d. h. durch Querwände in Abtheilungen zerlegt; die letzte Kammer der Schale, welche die grösste ist, wird von dem Thiere bewohnt, und dieses steckt in der Weise darin, dass es bei den eingerollten Schalen den Bauch der Aussenseite oder Peripherie, den Rücken aber der Innenseite oder dem Nabel der Schale zuwendet. Was indess die Geologen nicht verhindert hat, die Peripherie dieser Schalen den Rücken, die innere Seite die Bauchseite der Schale zu nennen. Die verschiedenen Kammern der Schale entstehen dadurch, dass das Thier bei zunehmendem Wachsthum sich aus der Schale herauszieht, dieselbe nach vorn zu verlängert und erweitert und den hinteren leergelassenen Raum durch eine Querscheidewand abschliesst. Da diese Kammern leer oder höchstens mit Luft gefüllt sind, so dient die Schale dem schweren Thiere als Schwimmblase, die sein specifisches Gewicht demjenigen des Wassers etwa gleich macht, so dass es in der Flüssigkeit schwimmt; der Kopf hängt dabei nach unten in das Wasser hinein, und die Schale schwimmt oben auf dem Wasser. Von dem hintersten Ende des Thieres geht aber ein sehniger Strang aus, welcher durch alle Kammern bis an das Ende derselben sich fortsetzt und die Schale an das Thier befestigt. Gewöhnlich ist dieser Strang, der natürlich die Querscheidewände durchbricht, von dütenförmigen Verlängerungen derselben umgeben, so dass eine Röhre entsteht, die aus einer Kammer in die andere sich fortsetzt, und die man den Sipho genannt hat. Man hatte früher die Ansicht, dass diese Röhre dazu diene, die Luft innerhalb der Kammern zu verdichten oder zu verdünnen, was sich indess durch die Untersuchung der lebenden Thiere nicht bestätigt hat. Bei diesen sind die Kammern stets vollständig gegen aussen abgeschlossen, was auch der Zustand der fossilen Schalen beweist, indem bei diesen die Sand- oder Thonmasse, welche die Schalen umgiebt, stets nur in die äusserste Kammer, in die Wohnkammer des weggefaulten Thieres eingedrungen ist, während die hin-

teren Kammern ganz oder theilweise mit Krystallen erfüllt sind, die erst allmälig aus einer Flüssigkeit herauskrystallisirten, welche durch die Schalen von aussen her in die leeren Kammern einschwitzte. Die Structur der Scheidewände, welche die einzelnen Kammern trennen, und die Lage des Sipho wird zur Bildung der grösseren Abtheilungen benutzt, während die Art und Weise der Aufrollung der Schalen und die sonstigen Merkmale zur Unterscheidung von Gattungen und Arten dienen.

Die Familie der Nautiliden, welche in den untersilurischen Schichten einzig vertreten ist, zeigt entweder einfach hohle oder geknickte Scheidewände, deren Concavität nach oben gegen die Wohnkammer des Thieres gerichtet ist, während die Convexität nach unten gegen das Ende der Schale schaut. Der Sipho ist bei diesen Schalen entweder in der Mitte oder an der inneren Seite angebracht und ist zuweilen ausserordentlich weit und von dütenförmigen Verlängerungen der Scheidewände gebildet. Die Krümmung der Schalen ist sehr verschieden, und namentlich in den älteren Schichten finden sich eine Menge von Formen von ganz gerade gestreckten bis zu völlig eingerollten Gestalten, bei welchen man nur die letzte Windung sieht. §. 329.

Fig. 104.



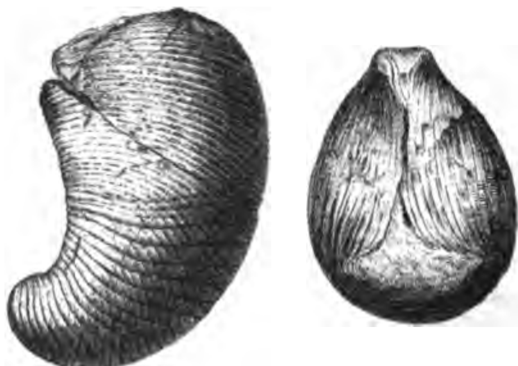
Orthoceras annulatum.

Die Gattung *Orthoceras*, Fig. 104, besteht aus langen, geraden, konischen Schalen, welche zuweilen die Dicke eines Mannsschenkels erreichen und aus einer Reihe von Kammern bestehen, deren Scheidewände flach gekrümmt sind, so dass sie wie Untertassen auf einander sitzen. Die Wohnkammer ist sehr lang, meist zerbrochen und scheint an ihrem oberen Ende eigenthümliche seitliche Eindrücke besessen zu haben. Der Sipho ist meist central, zuweilen auch dem Rande näher gerückt. Die hier abgebildete Art findet sich in dem ganzen silurischen Systeme.

Die Gattung *Phragmoceras*, Fig. 105 (a. f. S.) ist eigentlich nur ein kurzes, becherförmiges *Orthoceras*, dessen unteres stumpfes Ende hornförmig gebogen ist, so dass das Ganze einem weiten Füllhorn nicht unähnlich sieht. Die Scheidewände sind fast gerade

oder nur leicht geschweift, die Lippen der oberen Mündung von beiden Seiten her eingedrückt; der Sipho nahe an dem inneren Rande.

Fig. 105.



Von der Seite. Von der Mündung aus.
Phragmoceras (Campulites) ventricosum.
Aus dem obersilurischen Systeme von England.

Noch stärker gebogen sind die Lituiten, Fig. 106, deren eines Ende wie ein Bischofsstab eingerollt ist, während das vordere Ende der Schale in gerader Linie sich fortsetzt. Der Sipho ist central, und die Arten kommen nur in dem silurischen Systeme vor, so dass sie ein treffliches Unterscheidungsmerkmal abgeben.

Fig. 106.



Lituites cornu arietis.

§. 330. Der grosse Kreis der Gliederthiere war in dem silurischen Systeme nur durch Krebse und zwar eine eigenthümliche Ordnung der Krustenthiere repräsentirt, welche besonders in dem silurischen Systeme mit ungemein zahlreichen Arten auftreten, mit dem Steinkohlensysteme dagegen gänzlich verschwinden. Diese Ordnung ist diejenige der Trilobiten oder Paläaden — Krustaceen, welche im Allgemeinen den jetzt lebenden Blattfüssern nahe gestanden zu haben scheinen, aber dennoch eine vielfach abweichende Organisation darbieten. Man unterscheidet an dem meist breiten, schildförmigen, abgeplatteten Körper dieser Thiere drei Theile, den Kopf, die Brust oder den Thorax und das Schwanzschild (*Pygidium*). Die Brust ist aus beweglichen Ringeln zusammengesetzt, das Schwanzschild zeigt meistens eine ähnliche Zusammensetzung, doch sind hier die Grenzen der Ringel mit einander verwachsen, so dass ein einziges Schild hergestellt wird. Die Schale selbst scheint im Leben bald mehr hornig, bald mehr kalkig gewesen zu sein. Das Mitteltheil des Rückens ist

meistens erhaben, so dass man auch der Längsrichtung nach eine Dreitheilung der Thiere unterscheiden kann; eine mittlere erhabene Spindel und zwei Seitenhälften, deren Ringel sich gewöhnlich in Spitzen oder Flossen ausziehen. Das Kopfschild, welches aus drei eng verbundenen Stücken besteht, hat gewöhnlich eine halbmondförmige Gestalt und seine hinteren Flügel laufen meist in Spitzen oder Stacheln aus, die sich oft noch weit längs der Brust fortsetzen. Die Spindel zieht sich gewöhnlich über das Kopfschild stark ausgedrückt nach vorn hin und bildet hier einen erhabenen Theil, die Stirn oder den Kopfbuckel (*Glabella*), zu dessen beiden Seiten die Augen stehen. Diese sind meist stark vorgequollen und zeigen auf ihrer Oberfläche oft grosse, dem unbewaffneten Auge schon sichtbare Facetten. Bei anderen sind diese Facetten noch von einer glatten Hornhaut überdeckt, so dass sie nur am Steinkerne sichtbar sind. Bei noch anderen scheinen die Augen nur lose in dem Schilde gesessen zu haben, so dass sie herausfielen, und an ihrer Stelle bei den versteinerten Exemplaren ein klaffendes Loch existirt; bei noch anderen endlich hat man bis jetzt noch keine Augen entdecken können. Ueber die Augen zieht sich stets auf jeder Seite eine Naht hin, so dass das Kopfschild aus drei Stücken besteht, dem Stirntheil und den beiden Wangentheilen, welche zuweilen nicht sehr befestigt scheinen, so dass sie bei manchen versteinerten Arten abgefallen und zuweilen selbst noch unbekannt sind. Von den Mundtheilen der Trilobiten kennt man jetzt genau zwei klappenförmige Stücke, von denen das eine unten am Vorderrande des Kopfschildes befestigt war, das andere dagegen weiter nach innen lag, so dass der Schlund wahrscheinlich zwischen beiden Stücken durchging. Auf der Bauchseite hatten diese Thiere wahrscheinlich Füsse, welche blattartig waren und zu gleicher Zeit als Kiemen dienten. Viele Gattungen konnten sich vollkommen zusammenrollen, wie unsere jetzigen Asseln, während anderen dieses versagt war und noch andere nur den hinteren Körpertheil gegen den Bauch einschlagen konnten. Wir führten schon oben an, dass in den silurischen Schichten nach den Trilobiten sich deutlich drei Abtheilungen unterscheiden lassen, von denen zwei dem unteren, eine dem oberen silurischen Systeme angehören.

Die Familie der Battiden begreift kleine, oft kaum Hirsekorn §. 331.
grosse Arten, deren Kopf und Schwanzschild fast gleich und nur durch einige Brustringe getrennt sind. Auf der Mitte des Kopfbuckels sollen kleine platte Augen stehen. Die Thiere kommen zu Millionen in den Schichten der untersten Abtheilung des silurischen Systemes vor.

In derselben Abtheilung ist besonders die Familie der Oleniden §. 332.
vertreten, welche kein eigentliches Schwanzschild besitzen, sondern hinter dem Kopfschilde eine grosse Anzahl von Gliedern zeigen, die allmälig abnehmen, und wo nur das letzte Afterglied gewissermaassen das Schwanzschild darstellt. Wir bilden aus dieser Familie die Gattung *Sao*

ab, Fig. 107 und 108, welche sich durch eine gekörnte Oberfläche, halbkreisförmiges Kopfschild, stachellose Brustglieder, kleine halbmondförmige Augen, siebenzehn Brustglieder und ein ganz kleines, aus zwei Gliedern verwachsenes Schwanzschild auszeichnet; auf der Mitte der Spindel stehen bei den ausgewachsenen Individuen nach hinten gebogene Stacheln. Die einzige Art dieses Geschlechtes ist um deswillen besonders merkwürdig, weil man ihre ganze Entwickelungsgeschichte kennt und weiss, dass sie anfangs ein kreisförmiges Kopfschild besitzt, an welches sich nach und nach die Rumpf- und Schwanzglieder anreihen.

Fig. 107.



Sao hirsuta.
Aus dem untersilurischen Systeme Böhmens; vom Rücken aus.

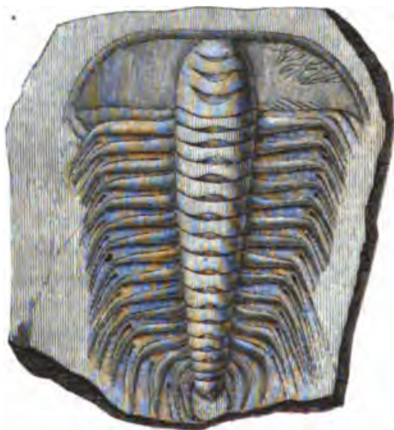
Fig. 108.



Dieselbe von der Seite.

Zu derselben Familie gehört die Gattung *Paradoxides*, welche 16 bis 20 Brustringe, keine Augen, ein sehr verlängertes, hinten in Spitzen ausgezogenes Kopfschild und ein sehr kleines Schwanzschild hat.

Fig. 109.



Paradoxides spinulosus.

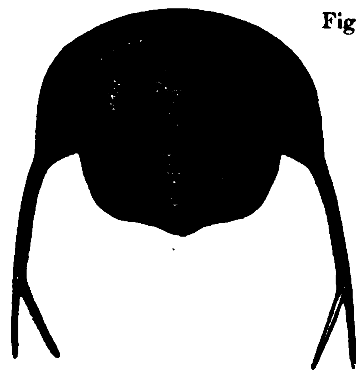
§. 333. An die Familie der Oleniden schliesst sich diejenige der Campylopleuriden an, bei welchen ebenfalls das Schwanzschild nur aus höchst wenigen Ringen besteht, die Brustringe aber von der Mitte an nach der Bauchseite umgekrümmt sind, so dass sie niemals in Seitenstacheln sich ausziehen.

§. 334. Die zweite Trilobitenfauna, welche noch in dem untersilurischen Systeme vorkommt, zeichnet sich besonders durch eine bedeutende Entwickelung des Schwanzschildes aus, gegen welches die Brust sehr zurücksinkt.

Die Familie der Ogygiden zeichnet sich hier besonders aus.

Sie haben ein grosses, nach hinten in langen Spitzen ausgezogenes Kopfschild, einfaches grosses Schwanzschild und horizontale Brustringe, welche meist sich in nach hinten gerichtete Spitzen fortsetzen. Die Gattung *Trinucleus*, Figur 110, zeigt in der Mitte des Kopfschildes drei vortretende Buckeln, und im Umkreise einen Wulst, der nach hinten in zwei lange Spitzen ausläuft und auf seiner ganzen Oberfläche von tiefen Löchern durchbohrt ist. Da man noch keine Augen an diesen Thieren entdeckt hat, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass dieser Wulst des Kopfschildes zerstreute Augen trug, welche in seinen Löchern steckten.

Fig. 110.

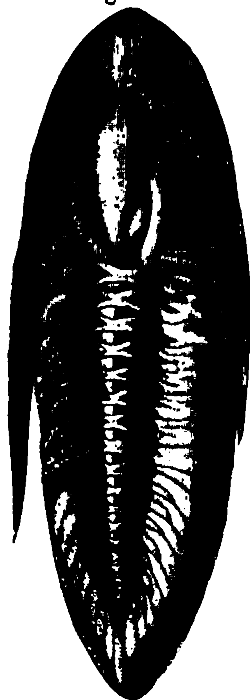


Trinucleus Pongerardi. Aus den untersilurischen Schiefern von Angers. Von Oben.



Durchschnitt des Thieres, wenn es den Schwanz eingeschlagen hat.

Fig. 111.



Ogygia Guettardi. Aus den Schiefern v. Angers.

Die Gattung *Ogygia*, Fig. 111, hat acht Brustringe, ein glattes, längliches Kopfschild, und schmales, aber grosses Schwanzschild.

Die Familie der Calymeniden ist ebenfalls besonders in dieser Abtheilung entwickelt; sie haben eine granulirt hökerige Schale, vielgliederige Brust und stark hervorgehobenen Mittelwulst, der auf dem Schwanzschilde langsam ausläuft. Die Augen sind gross, stark vorspringend, und der Kopfwulst gewöhnlich seitlich eingeschnitten. §. 335.

Die Gattung *Calymene*, Fig. 112, 113 und 114 (a. f. S.), hat ein stark gewölbtes, halbmondförmiges Kopfschild mit aufgeworfenem Rande, hoch gewölbtem Buckel, kleine, stark vorragende Augen, deren Stellung zum Kopfschilde je nach den Arten wechselt, dreizehn stachellose Rumpfringel mit hochgewölbter Axe, schmales, abgerundetes Schwanzschild, das beim Einrollen unter das Kopfschild eingeschlagen

wird. Sie rollen sich meistens kugelförmig ein und kommen nur in den obersilurischen Schichten vor.

Fig. 112.



Calymene Blumenbachii, vom Rücken, mit theilweise erhaltener Schale.

Fig. 113.



Dieselbe ohne Oberschale.

Fig. 114.



Zusammengerollt.

Die Gattung *Homalonotus* unterscheidet sich von den vorigen durch den glatten nicht aufgewulsteten Rand des Kopfschildes und durch den ungegliederten Schwanzschild, sowie durch die geringe Erhebung der Körperaxe. Sie schliesst die grössten Trilobiten, zuweilen von mehr als einem Fuss Länge, ein.

Die Gattung *Phacops*, Fig. 115, unterscheidet sich von den eigentlichen Calymenen durch die stark vorgewölbten Augen und durch die geringere Zahl der Brustringe, die nur elf beträgt. Die abgebildete Art kommt ebenfalls nur im untersilurischen Systeme vor.

Fig. 115.



Phacops Downingiae. Aus dem untersilurischen Systeme Englands.

§. 336. Die dritte Trilobitenfauna gehört dem oberen silurischen Systeme an und unterscheidet sich durch besondere Eigenthümlichkeiten, die sich aber mehr in kleineren Charakteren zeigen.

§. 337. Es ist noch sehr zweifelhaft, ob in den untersilurischen Schichten überhaupt Wirbelthiere und zwar namentlich Fische vorkommen. Die einzigen Reste, welche darauf hindeuten, bestehen in mikroskopischen Zähnchen, welche man in dem untersilurischen Systeme Russlands gefunden haben will, sowie in einigen Stacheln, welche haifischartigen Thieren vielleicht angehörten, und die in dem obersilurischen Systeme Englands entdeckt wurden. Jedenfalls ist die Natur der mikroskopischen Versteinerungen aus dem untersilurischen Systeme äusserst zweifelhaft und eine Beschreibung derselben bis jetzt noch gar nicht erschienen, so dass man wohl vor der Hand zu der Annahme berechtigt ist, dass die Fische überhaupt erst in dem obersilurischen Systeme

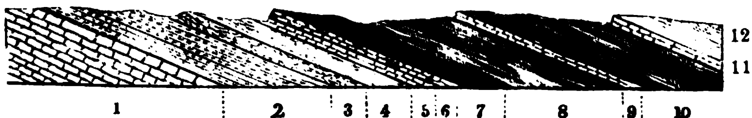
erschienen und dass die erste Schöpfung auf der Erde durchaus keine Wirbelthiere enthielt.

Betrachtet man nun die Schöpfung, welche sich in dem silurischen Systeme überhaupt zeigt, und die wir als die erste auf der Erde erkennen müssen, in ihrer Gesammtheit, so finden wir darin eine merkwürdige Armuth im Verhältniss zu unserer jetzigen Schöpfung. Kein einziger Landorganismus, weder Thiere noch Pflanzen, ist mit Sicherheit nachgewiesen; die ganze Schöpfung lebte einzig in der See, und zwar wie es scheint, in Meeren von nicht sehr bedeutender Tiefe, an denen man sogar nach der mineralogischen Beschaffenheit der Schichten, wie nach den Thieren Strandbildung und Hochseebildung unterscheiden kann. Von Seepflanzen zeigen sich nur Tangen und Schwämme, von Strahlthieren Polypen und Stachelhäuter, und letztere offenbar nur in ihren niedrigsten Ordnungen, den Seelilien und Seesternen, vertreten. Ausserdem finden wir Molluskoiden und unter den Weichthieren alle Ordnungen repräsentirt, aber jedenfalls die niederen Formen, wie die Armfüssler, bedeutend überwiegend. Der Kreis der Kopffüssler zeigt sich ebenfalls nur in seiner niedersten Form in den Nautiliden mit einfachen Scheidewänden durch vielfache Gestalten repräsentirt; derjenige der Gliederthiere wird durch die höchst eigenthümliche Ordnung der Trilobiten dargestellt, welche mit den paläozoischen Gebilden gänzlich ausstirbt. So zeigt sich dann überall nur ein Anfang, der dadurch gemacht wird, dass die grösseren Abtheilungen des Thierreiches, welche wir noch jetzt erkennen, durch Formen repräsentirt werden, die gewissermaassen dem Embryonalzustande der höheren Gestalten entsprechen, wie wir später im Zusammenhange nachweisen werden. §. 338.

2. Devonisches System.

In **Nordamerika** ist dieses System ebenso ausgiebig entwickelt, als das silurische, es nimmt sogar dort einen grösseren Raum ein, nament- §. 339.

Fig. 116.



Idealer Durchschnitt des devonischen Systemes in Nordamerika.

1. Obersilurisches System. 2. Oriskany-Sandstein. 3. Hahnenschwanzsandstein. 4. Shoharrie-Sandstein. 5. Onondagakalk. 6. Hornsteinkalk. 7. Marcellusschiefer. 8. Hamiltonschiefer. 9. Tullykalk. 10. Portagegruppe. 11. Chemungkalk. 12. Alter rother Sandstein.

lich in dem Staate New-York, und zieht sich nach Westen bis an die Ufer des Mississippi hin, wo es unter dem Steinkohlensysteme verschwindet. Seine Schichten ruhen fast überall in übereinstimmender Lagerung auf den obersilurischen Schichten auf, so dass die eigentliche Trennung zwischen beiden nur durch die Fossilien an die Hand gegeben wird. Auch hier tritt dieselbe Erscheinung ein, wie bei dem silurischen Systeme, dass die sandigen Gebilde, welche in dem Staate New-York vorherrschen, nach Westen hin mehr und mehr durch Kalke ersetzt werden, wobei zugleich ein auffallendes Zurücksinken der Mächtigkeit in den Schichten eintritt, Beides ein Beweis, dass nach Westen hin mehr Hochseebildung, in New-York dagegen mehr Uferabsatz stattfand.

Die unterste Schicht des devonischen Systemes wird von einem quarzigen Sandsteine gebildet, der hier und da in wahre Grauwacke übergeht und der älteren Grauwacke am Rheine auch dadurch täuschend ähnlich wird, dass die vielen Versteinerungen, welche er enthält, stets nur in Form von Abgüssen und Eindrücken vorhanden, die Schalen selbst aber verschwunden sind. Die vorwiegenden Fossilien in diesem Oriskany-Sandstein, wie man ihn nennt, sind Spiriferen und darunter besonders bemerkenswerth der *Spirifer macropterus*, welcher in demselben Horizonte der rheinischen Grauwacke so häufig ist.

Auf diesen Sandstein folgen zwei eigenthümliche Sandstein- oder vielmehr Grauwackengruppen, welche eine nur geringe Mächtigkeit haben und sich durch ihre braune Farbe und ihr feines Korn, sowie ihr kalkiges Bindemittel auszeichnen. Durch die Tagwasser wird der Kalk meistens ausgewaschen, wodurch dann diese Grauwacke äusserst porös wird. Das unterste dieser Sandsteinlager enthält räthselhafte Pflanzenabdrücke, welche in der Form einem Hahnenschwanze nicht unähnlich sehen, weshalb die amerikanischen Geologen dem ganzen Lager den seltsamen Namen Hahnenschwanzsandstein gegeben haben. Die oberen Schichten werden nach dem Ort ihres hauptsächlichsten Vorkommens Shoharriesandstein genannt und sind bis jetzt die untersten Schichten in Nordamerika, in welchen Fische, ähnlich denen von Schottland, gefunden worden sind.

Ueber diesem Sandstein liegt ein grauer, mehr oder minder krystallinischer Kalk, der häufig kieselig wird, viele Seelilien und wahre Korallenriffe enthält und der Onondagakalk genannt wird. Er ist schwer zu unterscheiden von einem anderen darüber liegenden Kalke, welchen die Amerikaner den Hornkalk nennen, und der in seinen dicken, meist senkrechte Abstürze bildenden Schichten kieselige Concretionen und Hornstein enthält. Die Korallen fehlen in diesem Kalke gänzlich, der dagegen eine grosse Anzahl von Trilobiten, Kopffüsslern und Muscheln enthält. Die Mächtigkeit dieser beiden Kalkmassen beträgt höchstens 20 Meter.

Auf diese Kalkzone, welche sich überall an den Thalwänden bemerklich macht und einen vortrefflichen geognostischen Horizont liefert, folgt eine Gruppe sandiger und schiefriger Gesteine, welche namentlich in New-York ausgezeichnet entwickelt sind. Die untersten Lagen werden von den Marcellusschiefern gebildet, schwarze, sehr erdpechhaltige Schiefer von etwa 20 Meter Mächtigkeit, die zuweilen eingeschobene Bänke von Kalkknollen enthalten. Durch ihre Goniatiten und Producten gleichen diese Marcellusschiefer vollkommen den bekannten Schiefern von Wissenbach im Nassauischen.

Ueber ihnen liegen die Hamiltonschiefer, olivengrüne, zuweilen in förmlichen Sandstein übergehende Schiefer, die eine Mächtigkeit von wenigstens 300 Metern erreichen und eine grosse Anzahl von Muscheln enthalten, während die Trilobiten und die Goniatiten gänzlich zurücksinken.

Eine Kalksteinschicht von höchstens fünf Metern Mächtigkeit, der sogenannte Tullykalk, würde vielleicht über diesen Schiefern wenig unterschieden worden sein, wenn er nicht durch seine grosse Beständigkeit einen leicht erkenntlichen Horizont bildete und ausserdem auch vielfach ausgebeutet würde. Er trennt die Hamiltonschiefer von den Genesseeschiefern, die indessen auch durch ihre schwarze Farbe sich von ihnen unterscheiden lassen und den Marcellusschiefern sich annähern.

Hierauf folgt eine Sandsteinzone, welche man die Portagegruppe genannt hat und die etwa 100 bis 300 Meter Mächtigkeit hat. Die Sandsteine sind äusserst feinkörnig und wechseln mit stark glimmerhaltigen Schieferthonen ab. Sie enthalten sehr wenig Fossilien und gehen weiter nach oben allmälig in die Chemunggruppe über, die aus Grauwacke, thonigem Sandstein, schiefrigen Thonen von dunkelrother oder brauner Farbe gebildet wird. Auch hier wie in den meisten Sandsteinen haben die Fossilien ihre Schalen verloren und nur den Eindruck zurückgelassen. Es sind meistens Muscheln und Tange, welche sich in diesen Sandsteinen finden.

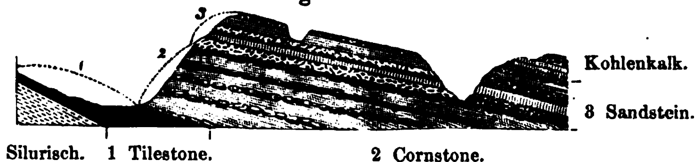
Als oberste Schicht des devonischen Systemes zeigen sich endlich mächtige dunkelrothe, feinkörnige, vielen Glimmer enthaltende Sandsteine, die dem eigentlichen alten rothen Sandsteine von Schottland vollkommen ähnlich sehen und die sogenannten Catshillberge im Staate New-York bilden. Weiter nach Westen hin lagert auf diesen Sandsteinen das Steinkohlensystem, welches im Staate New-York gänzlich fehlt. Verfolgt man indess die Schichten noch weiter nach Westen gegen Kentuky, Indiana und Iowa hin, so schmelzen die mächtigen Sandstein- und Schieferlager mehr und mehr zusammen, wie auch die Grenzlinie zwischen dem obersilurischen Systeme und dem devonischen immer undeutlicher wird; so findet man dann am Ende in Ohio und Indiana eine gewaltige Kalkformation, deren untere Schichten dem obersiluri-

schen, die oberen dem devonischen Systeme entsprechen, und die man den Felsenkalk (*cliff lime-stone*) genannt hat. Ueber diesem Kalk liegen schwarze, mit Erdpech getränkte Schiefer, welche den Genesseeschiefern entsprechen und unmittelbar von dem Kohlensandsteine überlagert sind.

§. 340. Im Norden Europas ist das devonische System sehr entwickelt; es bildet einige Flecken bei Christiania und in Schweden, zeigt sich aber namentlich in bedeutender Ausdehnung in Nordrussland, wo es östlich von dem silurischen Systeme, das in der Nähe St. Petersburgs vorkommt, eine breite Bande bildet, die von Archangel aus längs des Ladoga- und Onegasees bis nach Dorpat und Riga sich erstreckt und dann ins Innere hinein bis gen Woronesch sich fortzieht, so dass dadurch eine Art Bogen gebildet wird, dessen offene Schenkel dem Ural, die Spitze der Ostsee zugekehrt ist. Die Ufer des Meerbusens von Liefland und der ganze Boden von Curland und Liefland sind von den Gesteinen des devonischen Systemes gebildet, die sich im Allgemeinen durch ihre rothe Farbe, welche sie auch der darüber liegenden Dammerde mittheilen, von den silurischen und Kohlengruppen, zwischen denen sie fast horizontal lagern, auf den ersten Blick unterscheiden. Die Basis des Systemes wird gewöhnlich von roth und grün gefärbten Mergeln gebildet, die zuweilen plattenförmige kieselige Gebilde enthalten und nach oben allmälig in rothe und grüne plattenförmige sandige Kalksteine übergehen, die festere Kalkconcretionen enthalten. Diese Kalksteine werden in dem mittleren Theile der Formation immer mächtiger und zuweilen ganz dunkelroth und hart, an anderen Stellen werden sie allmälig dolomitisch, gelb oder grau, bald dicht, bald mehr oder minder knollig, so dass sie oft in ihrem mineralogischen Verhalten ausserordentlich dem Zechsteine und der Rauhwacke ähnlich werden. Diese Ausbildung des devonischen Systemes zu gelblichen dolomitischen Plattenkalken findet besonders in dem südlichen Schenkel des erwähnten Bogens statt. Der obere Theil des Systemes wird von thonigen Sandsteinen oder rothen Mergelthonen gebildet, die namentlich in der Umgegend von Dorpat sehr entwickelt sind und eine ungeheure Quantität von Fischresten enthalten.

§. 341. In England bildet das devonische System eine weite Zone haupt-

Fig. 117.



Durchschnitt des devonischen Systemes in England.

sächlich sandiger Gesteine, welche im Umkreise des Kohlenbeckens von Wales, namentlich nach Norden hin sich ausbildet und durch Murchison genauer untersucht worden ist, der dort drei Hauptabtheilungen darin unterscheidet.

Die unterste Abtheilung bildet der sogenannte *tile-stone*, Ziegelstein. Meist harte, sehr feinkörnige Sandsteine, die sich in feinen Platten absondern, so dass sie fast schiefriges Aussehen haben und auch wirklich theilweise als Dachschiefer benutzt werden. Sie bilden einen vollständigen Uebergang zu den Ludlowschichten, die unter ihnen liegen und die ganz übereinstimmende Schichtung mit ihnen haben; ihre unteren Lagen gehen allmälig in Grauwacke oder Thonschiefer über, und man hätte sie nicht von der Ludlowschicht trennen können, wenn sie nicht an anderen Orten ohne dieselben selbständig vorkämen und auch hier und da abweichende Schichtung zeigten. Sie enthalten meist ziemlich viele Fossilien, und einige dünne Schichten sind ganz so aus Ichthyodoruliten und anderen Fischresten zusammengesetzt, wie die obenerwähnte Schicht von Ludlow.

Die zweite Schicht wird von dem *corn-stone*, Kornstein, gebildet. Es sind besonders bunte Mergel, die mit bedeutenden Schichten von thonigen Sandsteinen und unreinen Kalken wechseln, in welchen kleine körnige Concretionen in grosser Menge sich finden, die wie Getreidekörner aussehen und dem Gesteine seinen Namen geben. Die Farbe dieser Kornsteine ist meist dunkelroth und schwärzlich.

Die oberste Abtheilung endlich wird von dicken Schichten quarzhaltiger Sandsteine gebildet, die mit Conglomeraten und kieseligen Puddingen, sowie mit bunten Mergeln wechseln, meist einen braunrothen, chocoladenfarbigen Ton haben und zuweilen kleine Lager von Steinkohle enthalten, die aber nicht so reich sind, um in England mit Vortheil ausgebeutet werden zu können. Diese oberen Sandsteine haben grosse Aehnlichkeit mit vielen Sandsteinen neueren Ursprunges, so dass man sie an Handstücken nicht unterscheiden könnte; ein Beweis, dass die physische Ursache, welche die Hervorbringung solcher Sandsteine bedingte, sich mehrmals im Laufe der Zeiten wiederholte.

Murchison schätzt die Mächtigkeit des ganzen Systemes im Südwesten von England auf mehr als 3000 Meter.

In Schottland ist das devonische System nicht minder ent- §. 342.
wickelt; es bildet die ganze östliche Hälfte von Hochschottland im Norden des caledonischen Canals, die Orcaden und die Shetlandsinseln, und zeigt sich auch, aber in geringerer Ausdehnung, im Süden der Grampiansgebirge. Ganz Caithness, die Umgebung von Cromarty und dem Murray-Firth wird von den Gesteinen des devonischen Systemes gebildet, die von West nach Ost einfallen und unmittelbar auf den primitiven und metamorphischen Gesteinen des westlichen Schottlands, den Graniten, Gneissen und Glimmerschiefern aufruhen. Es besteht

dort in seinen untersten Schichten aus bedeutenden Conglomeraten, die, je mehr sie sich den primitiven Gesteinen nähern, desto mehr Bruchstücke davon enthalten, so dass die untersten Schichten eigentlich nur zusammengebackene Gneisskörner sind und so allmälig dem Gneisse sich anschliessen, dass man kaum ihre Grenzen festhalten kann. In den oberen Lagern zeigen sich dunkelrothe Sandsteine mit bituminösen Schiefern und Plattengesteinen abwechselnd, deren Structur sich sehr der Grauwacke nähert. In diesen oberen Schichten finden sich jene mächtigen Lager fossiler Fische, von denen wir weiter unten handeln werden.

§. 343. Im nördlichen Devonshire haben Murchison und Sedgwick in den devonischen Gesteinen fünf Schichtengruppen unterschieden, die von Nord nach Süd auf einander auflagern. Unmittelbar auf den silurischen Gesteinen liegt die *Linton*-Gruppe, harte, grünliche Grauwacken, die mit grünen Schiefern abwechseln und meist nur Steinkerne enthalten, worunter *Chonetes sarcinulata*, *Fenestella antiqua*, *Spirifer aperturatus*. Auf diesen Grauwacken liegen rothe stark eisenhaltige Conglomerate und Sandsteine, die *Castle-rock*-Gruppe bildend, worauf die Gruppe von *Ilfracombe* folgt, Thon- und Kieselschiefer, die mit Kalksteinen und Kalkschiefern wechseln, welche viele Korallen und namentlich auch *Strygocephalus Burtini* enthalten, also dem Strygocephalenkalk der Rheinlande entsprechen. Hierauf folgen als vierte Gruppe grüne weisse Schiefer mit Quarzenstern, Sandsteine und rothe Schiefer, die endlich in braune glimmerreiche Grauwacken übergehen, welche die oberste oder Piltongruppe bilden und viele Versteinerungen enthalten.

§. 344. In der Bretagne hat man das System ebenfalls an vielen Punkten unterscheiden können. Es bildet hier eine schmale Bande nördlich von Nantes, und wird aus Puddingen zusammengesetzt, in welchen Rollsteine von Quarz, Glimmerschiefer und Thonschiefer eingebacken sind, und die allmälig durch Feinerwerden des Kornes in Sandstein übergehen und auf welchen unreine Kalksteine, Grauwacken und Thonschiefer aufliegen. In letzteren namentlich finden sich bedeutende Lager von Anthraciten, die an vielen Orten, in den Departements der Loire inférieure und der Maine und Loire mit Vortheil ausgebeutet werden und meist unmittelbar unter einem eigenthümlichen Gesteine liegen, welches die Arbeiter „*pierre carrée*“ nennen. Es ist dies nämlich ein Feldspathgestein von grünlicher Farbe, welches sehr viel Kiesel enthält, so dass es von manchen Petrosilexarten durchaus nicht zu unterscheiden ist, obgleich es offenbar sedimentären Ursprunges ist, da es nicht nur die Brennstofflager deckt, sondern oft selbst fossile Pflanzenabdrücke enthält. Das Gestein hat die Eigenthümlichkeit, in parallelepipedische Stücke zu zerfallen, sobald es der Luft ausgesetzt wird, und daher der beim Volke gebräuchliche Name. Die Kohlenlager bieten manches Eigenthümliche dar in ihren häufigen Abwechselungen und Alternirungen mit Thonschiefern und Grauwacke und lassen auf mannig-

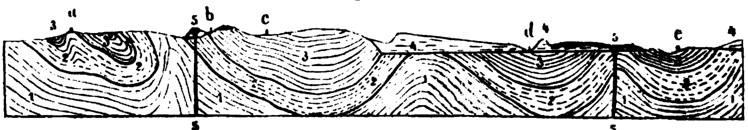
fache Einbiegungen schliessen, über die man aber nicht recht ins Klare kommen kann, da die sie einschliessenden Schichten meist fast senkrecht stehen und das Land nur hügelig ist und wenig tiefe Thaleinschnitte besitzt, so dass man die Fortsetzung der Schichten in der Tiefe nicht beobachten und sich auf diese Weise versichern kann, ob die Schichten wirklich umbiegen oder nicht. Die Kalke von Gahard und die ihnen entsprechenden Schiefer in der Nähe von Brest sind durch ihre Fossilien als unzweifelhaft dem devonischen Systeme angehörig erkannt worden.

Bei dem silurischen Systeme schon erwähnten wir, dass in dem §. 345.
ganzen Gebirgszuge, welcher von Belgien einerseits bis zum Hunsrück und dem Taunus andererseits sich hinzieht, durch die Biegungen der Schichten eine Menge von Becken hergestellt seien, in welche devonische Schichten abgelagert sind. Der Nordabhang der Ardennen ist in gleicher Weise von einer Decke von Schichten gebildet, welche dem devonischen Systeme angehören und die unter die wichtige Kohlenformation von Lüttich einschiessen. Die untersten Lager dieser Schichten bestehen aus groben, rothen Puddingen und Sandsteinen, Thonschiefern und Grauwackenschiefern, die man, einer ausgedehnten Localität nach, Puddinge von Burnot genannt hat. Darüber liegen schwarze Kalksteine, die eine grosse Menge von Enkriniten enthalten, welche ganz denjenigen des Eifeler Kalkes entsprechen und deren spathiges Gefüge und helle, weisse, rothe und grüne Farbe dem Gesteine ein marmorartiges Ansehen verleiht. Man kennt diese mittlere Gruppe unter dem Namen des Marmors von Givet. Die oberste Schicht endlich wird von den grauen, grünen oder braunen, leicht verwitternden Thonschiefern von Famenne und den Sandsteinen von Condros gebildet, auf welchen der Kohlenkalkstein unmittelbar aufliegt. Die Schiefer enthalten Kalksteinnieren und unregelmässige Lager unreinen Kalkes, zuweilen mit körnigem Eisenerze, und diese Lagen von Nierenkalkstein bilden einen constanten Horizont. Auch hier finden sich Anthracitlager in den oberen Schichten, weshalb Dumont diese ganze Reihe nebst dem Kohlenkalke und den darunter liegenden Schiefern unter dem Namen „Anthracitisches Terrain“ (*terrain anthraxifère*) begriffen hat. In ähnlicher Weise ist der ganze Nordabhang des silurischen Systemes auf der rechten Seite des Rheines gegen Westphalen hin von einer langen Zone devonischer Gesteine überkleidet, welche unter das Kohlensystem der Ruhrgegenden einschiessen und in ihren unteren Lagern aus blauen thonigen Kalken bestehen, die viele Korallen enthalten. Ueber diesen Korallenkalken, die von Eckrath bei Düsseldorf über Elberfeld, Barmen, Iserlohn, Balve, Neuenrade bis nach Allendorf sich verfolgen lassen, liegen dieselben Nierenkalke, welche den Marmor von Givet in Belgien bilden und die zahlreiche Goniatiten und Clymenien enthalten, so dass sie ohne Zweifel als die Analoga der Clymenienkalke des Fichtelgebirges und der Mandelkalke der Pyrenäen

angesehen werden müssen. Ueber diesen Kalken liegen die untersten Glieder des Steinkohlensystemes (s. nebenstehende Fig. 118).

§. 346. Tritt man nun in das rheinische Gebirge selbst über, so findet man linkerseits in der Eifel, rechterseits namentlich in dem Lahnthale und in der Umgegend des Westerwaldes, sowie an den Ufern der Lenne, bei Paffrath und Bensberg in der Nähe von Köln, sowie bei Brilon in Westphalen eine Menge kleinerer Ablagerungen, welche alle mehr oder minder die Muldenform zeigen und aus den verschiedenen Schichten des devonischen Systemes zusammengesetzt sind. Die Kalke von Besberg, Paffrath und Brilon gehören offenbar wesentlich zu den westphälischen Nierenkalken mit Clymenien — während die Kalkmulden der Eifel, deren sich sieben oder acht, die schönste bei Gerolstein finden, den unteren Korallenkalken Westphalens entsprechen. Alle diese Eifeler Kalkmulden sind sehr einfach zusammengesetzt; ihre unteren Lager bestehen aus festem, oft krystallinischem Kalk, der mergelig wird und ganz nach oben von Dolomit gekrönt wird. Nicht so einfach ist die Bildung auf der rechten Seite, besonders in Nassau, und aus diesem Grunde ist auch dort, trotz der vielfachen Arbeiten, die namentlich in der neuesten Zeit geliefert worden sind, die Reihenfolge der mehr mannigfaltigen Schichten noch nicht so vollständig aufgeklärt, als es wünschbar wäre; und während die Einen sie den devonischen Systemen anderer Länder vollkommen zu parallelisiren suchen, bestreben sich die Anderen, die Existenz eines eigenen rheinischen Systemes zu behaupten, welches zwar im Allgemeinen den devonischen Ablagerungen entspricht, dennoch aber im Besonderen eine eigenthümliche Uebergangsgruppe zwischen den silurischen Gebilden einerseits und dem Kohlensysteme andererseits darstellen soll. Die Schwierigkeit liegt in der That darin, dass die Gesteine auf kleine Erstreckungen hin schon ausserordentlichen Variationen unterworfen sind, da mannigfaltige ältere und neuere Durchbrüche und Mischungen plutonischer Gesteine vielfache Metamorphosen bedingt haben; dass ferner die Grenzlinien des Systemes, die es von dem obersilurischen Systeme einerseits und dem Kohlensysteme andererseits abscheiden, nicht mit vollständiger Schärfe gezogen werden können, so dass Zweifel über die Begrenzung an vielen Orten überbleiben.

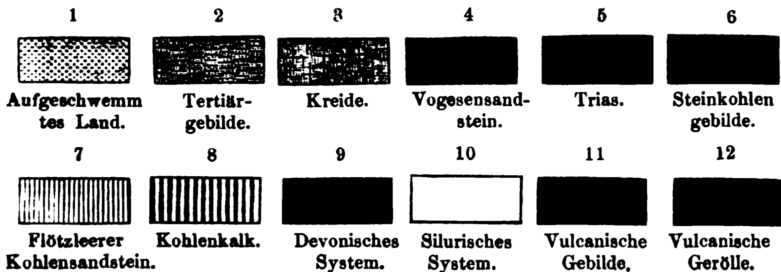
Fig. 119.



Durchschnitt von Blankenheimersdorf nach Gerolstein.
a Blankenheimersdorf. *b* Stromberg. *c* Altendorf. *d* Bolsdorf. *e* Gerolstein.
1 Aeltere Grauwacke (obersilurisches System). 2 Jüngere Grauwacke (Spiriferensandstein). 3 Eifeler Kalkstein. 4 Bunter Sandstein. 5 Basalt.

Fig. 118.

Karte des rheinischen Uebergangsgebirges.



§. 347. Wie dem auch sei, so scheint die unterste Gruppe des devonischen Systemes am Rheine und namentlich auf der rechten Seite desselben in Nassau und dem hessischen Hinterlande aus sandigen Grauwackengesteinen gebildet zu sein, welche einerseits in Dachschiefer, andererseits in quarzige Sandsteine und Conglomerate übergehen. Diese Grauwacken, die meistens von brauner oder gelblicher Farbe sind, enthalten sehr häufig eine bedeutende Quantität von Glimmer, von Feldspath, von Quarz und scheinen aus der Zertrümmerung älterer krystallinischer Feldspathgesteine hervorgegangen zu sein. Vielfache Erzgänge finden sich darin, Spatheisen, Zinkblende, Bleiglanz mit Silber, Braunspath u. s. w. Die Versteinerungen sind alle nur Abgüsse und Abdrücke und haben ihre Kalkschalen verloren. Am meisten zeichnen sich darin verschiedene Gattungen von Spiriferen aus, (*Spirifer macropterus*, *micropterus*, *cultrijugatus*), weshalb denn auch die ganze Gruppe den Namen des Spiriferensandsteines erhalten hat. Ausgezeichnete Petrefacten dieser untersten Schicht sind ausserdem das *Pleurodictyon problematicum* und die *Calceola sandalina*, welche sich in den reinen Kalkschichten von Gerolstein in der Eifel wiederfinden, so dass es demnach scheint, als ob diese oft dolomitischen Kalksteine in ihren unteren Schichten dem Spiriferensandstein zugetheilt werden müssten.

Als obere Lage des Spiriferensandsteines stellen sich dunkelgraue oder schwarze Thonschiefer und Dachschiefer dar, welche namentlich bei Wissenbach und Balduinstein im Nassauischen entwickelt sind, und die durch die häufigen Orthoceratiten und Goniatiten, welche sich in ihnen finden, den Marcellusschiefern Nordamerikas zu entsprechen scheinen.

Die mittlere Gruppe der devonischen Gesteine in Nassau ist kalkig und wird an ihrer Basis namentlich von jenem eigenthümlichen Gesteine gebildet, das man mit dem Namen des Schalsteines bezeichnet hat. Es scheint dieses ausserordentlich wechselnde Gestein aus einer Durchdringung der noch schlammigen Kalkniederschläge und Korallenriffe von emporgestiegenen Grünsteinen und Porphyren gebildet zu sein, woraus denn seine ausserordentliche Variabilität hervorgeht, indem bald die feldspathigen, bald die kalkigen und thonigen Gemengtheile in der Masse überwiegen. Die Kalksteine, welche zwischen diesen Schalsteinen eingelagert sind, sind meistens dolomitisch, zuweilen auch, wie namentlich bei Vilmar, mergelig und weich und enthalten eine Menge von Versteinerungen, unter denen sich besonders viele Korallen auszeichnen. Einen beständigen Horizont bilden in diesen Kalken Bänke, die fast bloss mit *Strygocephalus Burtini* erfüllt sind, weshalb man auch die ganze Gruppe den Strygocephalenkalk genannt hat. Kupfergänge und Rotheisensteinlager sind häufig in diesem Kalke eingesprengt.

Als obere Schicht dieser mittleren Gruppe kommt namentlich bei

Weilburg ein gelbbrauner, leicht blätternder, vielen Glimmer enthaltenden Schiefer vor, welcher fast keine anderen Versteinerungen als *Cypridina serrato-striata* enthält, und deshalb mit dem Namen des Cypridinenschiefers belegt worden ist. Als Repräsentanten dieser Abtheilung erscheinen weiterhin bei Büdesheim, Brilon, Dillenburg u. s. w. eigenthümliche rothe Kalke und Schiefer, welche eine grosse Anzahl Goniatiten und Clymenien enthalten und einen ausgezeichneten Horizont an vielen Orten darbieten. Man hat dieselben auch mit dem Namen des Goniatitenkalkes bezeichnet.

Als oberste Gruppe des Ganzen findet sich noch eine mächtige Ablagerung brauner, sehr feinkörniger Thonschiefer, die namentlich bei Herborn hervortreten und ausser einigen Pflanzen, welche der Kohlenperiode angehören, hauptsächlich nur eine einzige Muschel enthalten, die *Posidonomya Becheri*, weshalb man auch diese Schiefer den Posidonomyenschiefer genannt hat. Es ist noch nicht vollkommen ausgemacht, ob diese Schiefer wirklich zu dem devonischen Systeme gehören, oder ob sie nicht als unterstes Glied des Kohlensystemes betrachtet werden müssen. Vielleicht kann man auch zwei Gruppen in diesen Schiefern unterscheiden, indem die unteren Schichten gewöhnlich mehr sandig sind und Pflanzenreste enthalten, während die oberen mehr thonigen die erwähnte Muschel in zahllosen Abdrücken zeigen.

Die devonischen Gebilde sind noch an vielen Orten, wie nament- §. 348.
lich am Harz, am Thüringerwalde, in Oberfranken am Fichtelgebirge, in Südamerika, am Cap und in Ostindien nachgewiesen worden, und es bieten namentlich die Schichten am Harze, welche bei Elbingerode und Grund besonders entwickelt sind, eine auffallende Aehnlichkeit mit der am Rheine beobachteten Schichtenfolge, obgleich hier durch die Hebung des Gebirges die Schichtungsfolge noch mehr verwickelt ist, als selbst am Rheine. Es würde indess zu weit führen, wollten wir auf diese Verhältnisse hier näher eingehen, zumal da noch mannigfacher Streit unter den Geologen hierüber herrscht.

In dem devonischen Systeme sind besonders charakteristisch: §. 349.

Rothenbergia Hollebeni. Harz.
Knorria imbricata. Harz.
Calamites transitionis. Harz; Rheinlande.
„ *tuberculatus.* Harz.
Stromatopora concentrica. Fig. 121. Russland; Harz; Eifel; England.
„ *polymorpha.* Ferques in Frankreich; Eifel; Harz; Russland; England.
Pleurodictyum problematicum. Fig. 122. Eifel; England; Nordamerika.
Aulopora serpens. Fig. 76. Ferques; Gothland; Ferrones in Austurien; Russland; Eifel.
Catenipora escharoides. Eifel.

Cyathophyllum caespitosum. Fig. 74. Eifel; Ferques; England; Ferrones; Russland.

Cyathophyllum turbinatum. Eifel; Ferques; England; Newyork.

Calamopora (Alveolites) polymorpha. Fig. 77. Eifel; Ferques; Ferrones; Russland.

Calamopora (Alveolites) fibrosa. Eifel; England; Russland; Newyork.

Cupressocrinus crassus. Fig. 123 und 124. Eifel.

Echinosphaerites tesselatus. England; Russland.

Retepora (Fenestrella) infundibulum (antiqua). Fig. 88. Eifel; Ferques; England.

Terebratula (Spirigerina) ferita. Fig. 132. Eifel.

„ „ *prisca (reticularis).* Fig. 136. Ferques; Pyrenäen; England; Eifel; Ferrones; Belgien; Newyork; Ohio.

Terebratula (Spirigera) concentrica. Ferques; England; Eifel; Russland; Ferrones; Belgien; Nordamerika.

Spirifer macropterus. Eifel; Nordamerika (Oritkang-Sandstein).

„ *cultrijugatus.* Eifel; Nordamerika.

„ *speciosus.* Fig. 133. Rheinlande; England.

„ *Verneuili.* Ferques; Belgien; Rhein; Nordamerika; Spanien.

Calceola (Cyrthia) heteroclyta. Eifel; Ferques; Newyork; Russland.

„ *sandalina.* Fig. 127 — 129. Eifel; Belgien; Frankreich; England.

Strygocephalus Burtini. Fig. 130 u. 131. England; Rheinlande; Belgien; Russland.

Orthis striatula. Ferques; Eifel; Harz; Ural.

Leptaena Murchisoni. Brest; Eifel; Ferrones.

„ *lepis.* Fig. 137. Eifel; Russland.

„ *(Orthis) Dutertri.* Ferques; Spanien; Belgien; Russland; Nordamerika.

Chonetes sarcinulata. Frankreich; England; Russland; Eifel.

Productus subaculeatus. Belgien; Eifel; Ferques; Russland; England.

„ *(Orthis) productoides.* Russland; Eifel; Belgien; Ferques; England.

Avicula (Pterinea) elegans. Frankreich; Belgien; Eifel.

Posidonomya Becheri. Rheinlande.

Nucula lineata. England; Nordamerika.

Cardiomorpha (Isocardia) antiqua. Nassau; Belgien.

Conocardium Vilmarense. Fig. 140. Nassau.

„ *Lyelli.* Fig. 139. Nassau.

Cardium concentricum (pectunculoides). Fig. 138. Russland; Nassau.

Lucina proavia. Russland; Eifel; Nordamerika.

Megalodon cucullatus. England; Rheinlande.

Conularia Gerolsteinensis. Eifel.

Bellerophon trilobatus. Eifel; England.

Bellerophon tuberculatus. Eifel; Belgien; Russland.

„ *striatus.* Eifel; Belgien; Nordamerika.

Murchisonia bilineata. England; Frankreich; Belgien; Eifel; Nordamerika.

Pleurotomaria Murchisoni. Eifel.

Euomphalus serpens. England; Nordamerika; Eifel.

Monodonta purpurea. Fig. 145. Eifel.

Macrocheilus (Buccinum) arculatus. Eifel.

Goniatites cinctus. Fichtelgebirge; Russland.

„ *acutus.* Fichtelgebirge; Russland.

„ *Hoeninghausi.* Fig. 153. Eifel.

Phragmoceras ventricosum. Eifel; England;

Clymenia — mehr als dreissig Arten im Fichtelgebirge.

Orthoceras nodulosum. Eifel.

Cyrtoceras flexuosum. Eifel.

Cypridina serrato-striata. Nassau.

Cytherina hemisphaerica. Thüringer Wald.

„ *striatula.* Thüringer Wald.

Phacops latifrons.

Brontes flabellifer. Fig. 156.

Arges armatus. Fig. 155.

Pleuracanthus (Phacops) laciniatus.

Pterichthys cornutus, latus etc. Fig. 158. }
Cephalaspis Lyelli. Fig. 159. } Schottland.
Coccosteus oblongus. }
Holoptychius nobilissimus. Fig. 162. }

Bothriolepis ornatus. }
Asterolepis mehre Spec. } Russland.
Dendrodus „ „ }

Die Anthracitlager des devonischen Systemes sind in derselben Weise wie die Kohlenlager des Steinkohlensystemes durch Pflanzen bedingt, von welchen die meisten in ihrem Habitus, einige auch der Art nach denen der Kohlenzeit gleich kommen. Indessen ist die Flora des devonischen Systemes bei Weitem die ärmere und wir begnügen uns deshalb, hier ein Farrenkrautblatt (Fig. 120, a. f. S.) aus derselben in Abbildung zu geben, indem wir uns vorbehalten, die fossilen Pflanzen der Uebergangsgebilde mehr im Zusammenhange in dem folgenden Abschnitte zu behandeln. §. 350.

Unter den Thier-Versteinerungen des devonischen Systemes heben wir besonders die folgenden hervor. Besonders häufig kommt in den Kalken der Eifel, sowie auch in Nordamerika, Russland und England ein etwa halbkugeliger Schwamm vor, der aus einem kalkigen Netzgewebe gebildet ist, das ein schwammiges Ansehen hat und bis kopfgrosse kugelige Massen bildet, an welchen man concentrische Schichten unter- §. 351.

scheidet, von denen die einen dichter sind, während in den anderen feine Ritzen und Spältchen sich befinden. Es bilden diese Massen die Gattung *Stromatopora* (Fig. 121), deren Arten zwar auch noch in dem silurischen und Kohlensysteme vorkommen, dagegen in dem devonischen Systeme ihre Hauptentwickelung zeigen.

Fig. 120.



Sphenopteris laxa.

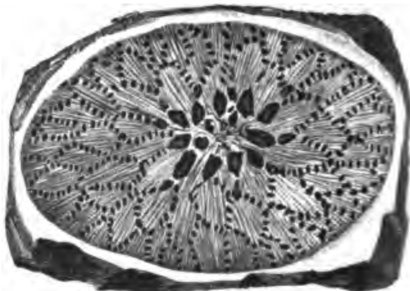
§. 352. Unter den Polypen, die namentlich in den Kalken der Eifel bedeutende Riffe bilden, finden sich keine besondere Gattungen, welche nicht schon in dem obersilurischen Systeme erwähnt worden wären. Wir bilden hier eine Art ab, welche für die älteren devonischen Schichten und namentlich für den Spiriferensandstein ganz charakteristisch ist. Die Natur dieser Versteinerung, bei welcher man stets alle Kalktheile weggeführt findet, ist noch nicht aufgeklärt. Auf der einen Seite finden sich poröse Lamellen in Netzgestalt, welche eine Zeichnung wie Blätter bilden;

Fig. 121.



Stromatopora concentrica.
Aus der Eifel.

Fig. 122.



Pleurodictyum problematicum.

auf der anderen concentrische Linien. Der Körper, welcher diese Spuren liess, war wahrscheinlich glatt und halbgelatinös.

Unter den Seelilien zeichnet sich besonders neben den schon im silurischen Systeme erwähnten die Gattung *Cupressocrinus* aus, Fig. 123 u. 124, welche für sich allein eine Familie bildet und sich durch den becherförmigen breiten Kelch auszeichnet, der eine kurze flache Tasse bildet §. 353.

Fig. 123.



Cupressocrinus crassus.
Aus der Eifel.

Fig. 124.



Säulenstücke desselben (*Entrochitea*), von der Fläche gesehen.

und auf welchem fünf einfache ungetheilte, breite, dreieckige Arme stehen, die durch ihre Aneinanderlagerung eine Pyramide darstellen. Der Stiel ist rundlich, weiter nach unten vierseitig, und besteht aus einzelnen Täfelchen, die neben dem mittleren Nahrungscanale vier ins Kreuz gestellte Löcher zeigen.

Die Pentremiten, Fig. 125, bilden einen höchst eigenthümlichen Typus, den wir indess erst bei dem Kohlenkalke, wo sie charakteristisch sind, betrachten werden. Ihnen nahe stehen die Aplocrinen, Fig. 126,

Fig. 125.



Pentremites Schulzi.

Fig. 126.



Aplocrinus mespiliformis.
Von unten, von der Seite und von oben.

die nur im devonischen Systeme vorkommen und deren doppeltkegelförmiger Kelch aus fünf Basal- und fünf Schulterstücken besteht, auf welchen sehr dünne Arme stehen, die meistens abfallen. Auf der oberen Hälfte des Kelches sieht man fünf Ambulakralreihen.

Unter den Armfüsslern unterscheiden wir besonders die Gattung *Calceola*, Fig. 127, 128 u. 129 (a. f. S.), welche für sich eine eigenthümliche Familie bildet, deren hier abgebildete Species charakteristisch für die §. 354.

Zone des Eifeler Kalkes ist. Die Muschel besteht aus einer grossen halbkegelförmigen, horizontal gestreiften Hauptschale, welche einer Pantoffelspitze nicht unähnlich sieht, eine geschwungene Schlosslinie zeigt, an welcher feine Kerbungen sichtbar sind und deren Oeffnung durch eine halblinsenförmige klappenartige Schale, wie mit einem

Fig. 127.



Fig. 128.



Fig. 129.



Calceola sandalina aus der Eifel.

Fig. 127 die beiden Schalen von unten in ihrer gegenseitigen Lage. Fig. 128 die grosse Schale nach abgenommenem Deckel. Fig. 129 die grosse Schale von oben (Schlossfläche).

Deckel geschlossen werden kann. Die kleinere Schale hat auf ihrer inneren Fläche eine dicke mittlere Leiste und die grosse zeigt statt eines Loches eine vertiefte Mittellinie, die von ihrer Spitze nach der offenen Basis zieht.

§. 355. Unter den regelmässigen, mit freien Armen versehenen Brachiopoden haben wir die Familie der Rhynchonelliden, deren freie gewölbte faserige Schale im Inneren lose Armgerüste besitzt und unter dem Schnabel der grossen Schale eine weite Oeffnung zum Durchtritt des Anheftungsmuskels zeigt. Die Gattung *Strygocephalus*, Fig. 130 und 131, welche als Horizont für den oben angeführten Kalk dient, hat

Fig. 130.



Strygocephalus Burtini.
Von der kleinen Schale (Bauchschale) aus.

Fig. 131.



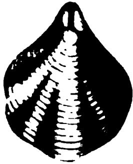
Derselbe von der Seite.

einen etwas wellenförmigen Schlossrand, über welchen der Buckel der grösseren Schale hervorragt. Das dreieckige Schlossfeld, welches hierdurch entsteht, ist von einer rundlichen, anfangs dreieckigen Oeffnung durchbohrt, an deren Rändern sich bei zunehmendem Alter stets mehr und mehr Kalkschichten anlagern, die zwar kein wahres Deltidium bilden, aber doch allmälig die Oeffnung verengern und endlich gänzlich

verstopfen. Im Inneren befindet sich auf der grösseren Schale eine dicke Längsscheidewand, die bis in die Hälfte der Schale hinabreicht.

Aus den Gattungen der Terebratelen und Spiriferen, Fig. 132, 133 und 134, bilden wir einige Arten ab, welche besonders für die devonischen Gesteine charakteristisch erscheinen. §. 356.

Fig. 132.



Terebratula ferita.
Aus der Eifel.

Fig. 133.



Spirifer speciosus.
Aus dem Spiriferensandstein.

Fig. 134.

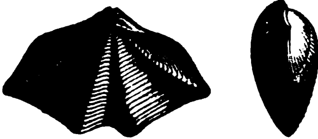




Spirifer hystericus.

Unter dem Namen *Spirigera*, Fig. 135, hat man eine Gruppe von den ächten Spiriferarten abgetrennt, bei welchen die Muschel mehr die Gestalt einer Terebratel und eine runde Oeffnung hat, die auf der Spitze des Schnabels der grossen Schale angebracht ist. Area und Deltidium fehlen, die Schalen haben faserige Textur und die spiraligen Arme bilden nach beiden Seiten hin spitze Kegel.

Fig. 135.



Spirigera Ezquerra.

Eine andere Gruppe, bei welcher das runde, unter der Schnabelspitze angebrachte Loch durch ein Deltidium und eine Area von dem Schlosse getrennt ist und die spiraligen Arme zwei nach unten hin gerichtete spitze Kegel bilden, hat den Namen *Spirigerina* erhalten, Fig. 136 (a. f. S.).

Die Gattung *Leptaena*, Fig. 137 (a. f. S.), welche zu den Productiden gehört, hat glatte Schalen ohne Stacheln oder Röhren auf dem geraden Schlossfelde, ohne Oeffnung, von faseriger Structur und meist sehr platter Gestalt.

§. 357. Unter den Blattkiemern heben wir besonders die Familie der **Herz-**

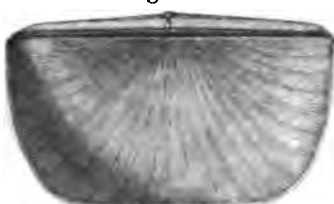
Fig. 136.



Spirigerina reticularis.

muscheln hervor, welche zwar schon in dem silurischen Systeme vorkommt, hier aber besonders häufig vertreten ist. Die Herzmuscheln

Fig. 137.



Leptaena lepis.

Fig. 138.



Cardium pectunculoides von Vilmar.

(*Cardium*), Fig. 138, selbst haben eine gleichschalige, überall schliessende dickschalige Muschel mit vorstehenden Wirbeln, starken unregelmässigen Schlosszähnen und äusserlichem Schlossbande. Der Manteleindruck ist ganz, die beiden Muskeleindrücke sehr deutlich.

Die Gattung *Cardium* hat herzförmige Schalen mit radienförmigen Streifen und am Schlosse zwei kiemenförmige Hauptzähne mit zwei wohlgetrennten Seitenzähnen. Die abgebildete Art kommt häufig bei Vilmar vor, Fig. 139 und 140.

Die Gattung *Conocardium* unterscheidet sich von der vorigen dadurch, dass die Schale flügelförmig verlängert ist und an der hinteren Seite etwas klafft; sie kommt nur bis zum Kohlensysteme vor, wo sie gänzlich ausstirbt.

Zu der schon früher erwähnten Familie der Vogelmuscheln (*Aviculida*) gehört die Gattung *Posidonomya*, welche sich von dem *Antiqua Avicula* nur dadurch unterscheidet, dass sie weder Schlossflügel noch Ohren und fast runde, flache, sehr niedergedrückte Schalen hat. Die abgebildete Art, Fig. 141, ist charakteristisch für die obersten Schiefer des devonischen Systemes.

Zu der Ordnung der Flügelfüsser (*Pteropoda*) werden die Schalen §. 358.

Fig. 139.



Conocardium Lyellii.

Fig. 140.



Conocardium Vilmarense.

Fig. 141.



Posidonomya Becheri.

Fig. 142.



Conularia ornata.
Aus der Eifel.

gerechnet, deren abgebildete Art in dem Kalke der Eifel häufig vorkommt und *Conularia* genannt wird. Die Flügelfüsser zeichnen sich allgemein durch ihre eigenthümlichen Bewegungsorgane aus, welche aus zwei flügelförmigen Lappen bestehen, die zu beiden Seiten des Mundes sitzen und durch deren Schwingungen sie im hohen Meere herumschwimmen. Ihre Schalen sind meistens dünn, hornig, mehr oder minder dütenförmig. Die der Gattung *Conularia* sind gerade, pyramidalisch aus vier spitzen Dreieckflächen zusammengesetzt, die mittelst vertiefter Nähte an einander stossen und gewöhnlich durch Zickzackstreifen auf den äusseren Flächen geziert sind.

Unter den Schnecken ist besonders die schon bei dem silurischen §. 359.
Systeme erwähnte Familie der Kreiselschnecken sehr ausgiebig repräsentirt. Die Gattung *Euomphalus* (Fig. 143) zeigt in den Kalken der Eifel die hier abgebildete charakteristische Species. Die Gattung *Trochus*, die sich durch ihre dreieckige niedergedrückte, meist genabelte Schale auszeichnet, tritt hier zuerst auf. Die Gattung *Turbo* (Fig. 144) mit kurzer niedergedrückter sichtlicher Spindel, eckiger

Fig. 143.



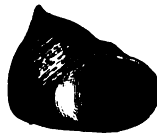
Euomphalus radiatus.
Eifel.

Fig. 144.



Turbo squamiferus.
Aus den devonischen Kalken der Eifel.

Fig. 145.



Monodonta purpurea.
Aus der Eifel.

Mundöffnung, die dem Runden sich annähert, ist äusserst häufig vertreten. Die Gattung *Monodonta* (Fig. 145 a. vor. S.) unterscheidet sich von der vorigen nur dadurch, dass an dem Spindelrande der Mundöffnung die scharfe Leiste der Spindel wie ein Zahn hervorsteht. Die Gattung *Delphinula* (Fig. 146) zeigt breit kegelförmige Schalen mit runden Windungen und ganzer Mundöffnung, deren Rand wulstförmig umgeschlagen ist.

Fig. 146.



Delphinula (*Cirrhus Leonhardi*). Eifel.

§. 360. Die Familie der Pyramidenschnecken zeigt spiralig aufgewundene Schalen, meist thurmförmig verlängert, glatt oder quergestreift mit ganzer Mundöffnung, ohne Einbucht und gewöhnlich scharfem Rande und eine verdickte Spindel, die meist vorstehende Kanten hat. Dieser Familie gehört die Gattung *Macrocheilus* (Fig. 147) an, welche in dem devonischen Systeme beginnt und schon in dem Kohlensysteme aufhört, so dass ihre Schalen vortreffliche Leitmuscheln für diese beiden Systeme abgeben. Die Mundöffnung ist bedeutend ausgeweitet und breitbuchtig, die Lippe aber glatt und gerade, der Spindelrand platt und glatt, oft indessen gezähnt, so dass fast eine Art von Canal hergestellt wird.

Fig. 147.



Macrocheilus subcostatus.

§. 361. Die Familie der Naticiden zeigt spiralig gewundene rundliche oder niedergedrückte Schalen, deren letzter Umgang nur die Spitze der Spindel unbedeckt lässt. Die Mundöffnung ist halbmondförmig und von einem breiten wulstigen Rande umgeben, der gewöhnlich den Nabel zudeckt. Die Gattung *Natica* (Fig. 148), welcher die hier abgebildete charakteristische Art aus der Eifel angehört, zeigt eine dicke Schale mit sehr kurzer Spindel, sehr dickem Mundrande, dessen schwielige Aufwulstung den Nabel fast gänzlich verbirgt.

Fig. 148.



Natica (*Turbo*) *subcostata.*

§. 362. Der schon erwähnten Familie der Seeohren gehört neben den Murchisonien (Fig. 149), welchen die hier abgebildete charakteristische Art aus der Eifel zugesellt wird, die Gattung *Pleurotomaria* an, welche sich von den Murchisonien nur durch die kürzere niedergedrückte Ke-

gelform unterscheidet, sonst aber wie diese einen Ausschnitt der Lippe zeigt, der bei der Verwachsung eine vorstehende Leiste auf den Windungen bildet. Bei den ächten *Cirrhen* (Fig. 150) finden sich statt

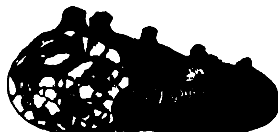
Fig. 149.



Murchisonia bigranulata.

Fig. 150.





Cirrhus Goldfussi.

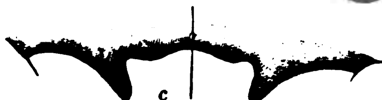
eines Spaltes Röhren in einer Spirallinie auf den Windungen aufgestellt.

Unter den Kopffüsslern des devonischen Systemes ist besonders die Gattung *Clymenia* (Fig. 151) hervorzuheben, welche gewissermaassen den Uebergang von den Nautilen zu den Ammoniten vermittelt und, wie schon oben erwähnt, einen ganz bestimmten Horizont eigenthümlicher Kalke bildet, sowie auch ausserdem für das devonische System charakteristisch ist, da ihre zahlreiche Arten nur in diesem vorkommen. Die Schalen die- §. 363.

Fig. 151.







Clymenia Sedgwickii. *a* Von der Seite. *b* Von vorn. *c* Eine Kammerscheidewand vom Rücken aus.

ser Gattung sind spiralig in einer Ebene gewunden, die Umgänge sehr zahlreich, kaum bedeckt und langsam an Dicke zunehmend. Die Scheidewände sind stark concav, in der Mitte geknickt, so dass sie hier einen tiefen Winkel bilden, und die Schale sehr dick, nur selten mit deutlichen Anwachsstreifen versehen. Der Sipho liegt auf der Bauchseite, ist sehr eng, dütenförmig und die Düte oben aufgeschlitzt, so dass man glaubte, er ginge zwischen Scheidewand und Schale durch, was indessen nicht der Fall ist.

Fig. 152.

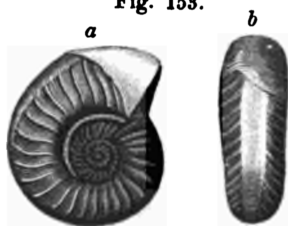


Gyroceras Eifelense.

Zu den Nautiliden mit ganzen schalenförmigen Kammerscheidewänden gehört die Gattung *Gyroceras* (Fig. 152) mit spiralig in derselben Ebene aufgerollter Schale, die schnell an Dicke zunimmt. Der Sipho liegt indess nicht, wie bei den meisten Nautiliden, in der Mitte, sondern an dem äusseren Rande an der Peripherie, wie bei den Ammoniten. Die Gyroceren kommen nur in dem obersilurischen und devonischen Systeme vor.

§. 364. Die äusserst zahlreiche Familie der Ammoniten, von welchen wir keine lebenden Repräsentanten mehr haben, zeichnet sich durch eine dünne zerbrechliche Schale aus, die meistens sehr zierlich mit Stacheln, Knoten oder anderen Erhabenheiten geschmückt ist. Die Scheidewände sind convex und meistens, wenn nicht einfach eingebogen, so doch gefaltet und gezähnt und hin und her gewunden, wodurch eigenthümliche Figuren auf der Oberfläche der Steinkerne entstehen. Der Sipho liegt stets auf dem Rücken der Schale, hart an der Seite des Kiels, zwischen der Schale und den Scheidewänden und zeigt eine nach oben gekehrte Düte, die mit einer besonderen Hülle sich durch die Kammern hindurch fortsetzt. Die Gattung *Goniatites* (Fig. 153 und 154) bildet die einzigen Repräsentanten dieser Familie bis zu dem Kohlenkalke und zeichnet sich dadurch aus, dass die Röhre nur langsam zunimmt und die vielfachen Windungen sich gegenseitig nur wenig decken. Die Scheidewände sind einfach gekrümmt oder geknickt und die Düte des Siphos nach unten gerichtet. Der Sipho liegt hart an dem Rücken und bildet hier eine Art von Düte. Diejenigen Einbiegungen der Scheidewände, welche bei der Betrachtung der Mundöffnung der Schale nach hinten schauen und zuweilen wie Löcher erscheinen, nennt man Loben, die

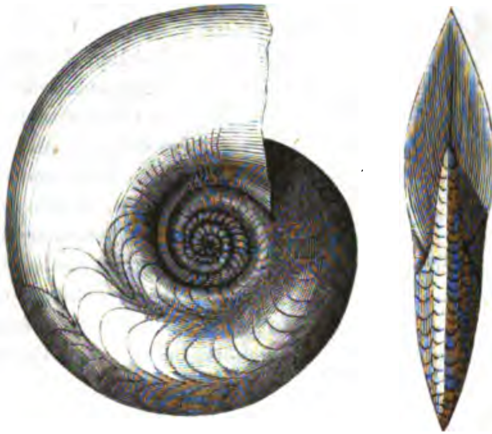
Fig. 153.



Goniatites Hoeninghausi.
Eifel. *a* von der Seite. *b* von vorn.

vorspringenden Biegungen dagegen Sättel. Bei den Goniatiten sind die Loben gewöhnlich stark winkelig aber ungezackt und der Rückenlobus umfasst den Sipho.

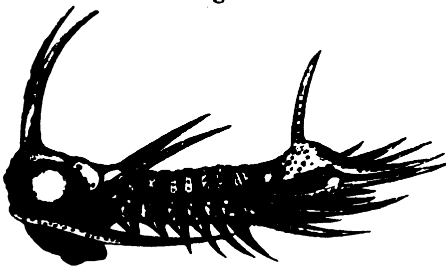
Fig. 154.



Goniatites costulatus. Eifel.
a von der Seite. *b* von dem Rücken.

Unter den Trilobiten des devonischen Systemes heben wir besonders die Familie der Odontopleuriden hervor, welche ein langes, hinten in Spitzen ausgezogenes Kopfschild besitzen und ein nur wenig ausgebildetes Schwanzschild, das aus einer geringen Anzahl von Ringen besteht. Sehr bizarr ist die Gattung *Arges* (Fig. 155), deren hier abgebildete Art bis jetzt nur in der Eifel gefunden wurde. Der rundliche Kopf ist hoch gewölbt, die Seitentheile kugelig, das Kopfschild in einen grossen platten, nach hinten sich erstreckenden Stachel umgewandelt; die Augen sind nicht erkennbar, der Rumpf achtgliedrig, das Schwanzschild gross mit ungegliederter Axe. Alle Ringe laufen seitlich in Stacheln aus; das Schwanzschild ist mit gekrümmten, nach hinten strahlenden Stacheln besetzt; zwei grosse gekrümmte Stacheln stehen auf der Stirn, ein dritter kleinerer auf dem Schwanzschild. §. 365.

Fig. 155.



Arges armatus.

Einen eigenthümlichen Typus derselben Familie stellt die Gattung

Brontes (Fig. 156) dar, an welcher stets die Kopfschilder fehlen und nur der Kopfbuckel mit den grossen gewölbten Augen vorhanden ist; das Schwanzschild ist halbkreisförmig ungetheilt, mit radialen Furchen besetzt, der Rumpf aus zehn sehr kurzen Ringen zusammengesetzt.

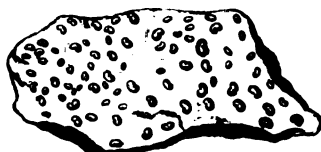
Fig. 156.



Brontes flabellifer.

§. 366. Ausser den Trilobiten finden sich noch im devonischen Systeme Repräsentanten der Ordnung der Schalenkrebse (*Ostracoda*), kleiner, fast mikroskopischer Krebschen, die grösstentheils das süsse Wasser bewohnen und deren Körper von einer zweiklappigen Schale gedeckt wird, die nur durch den gänzlichen Mangel eines Schlosses und eines Schlossbandes von den Schalen gewöhnlicher Muschelthiere unterschieden werden kann. Die Familie der Schalenflöhe (*Cyprida*), zu welcher die Gattung *Cypridina* (Fig. 157) gehört, besitzt zwei Paar Fühler, von

Fig. 157.





Cypridinenschiefer von Weilburg.

denen die vorderen borstenförmig, die hinteren dagegen gebogen und zu Schwimmorganen umgewandelt sind, und einen spitzen Hinterleib, der fast wie ein Springstock benutzt werden kann. Die im Meere lebende Gattung *Cypridina* unterscheidet sich von den gewöhnlichen Schalenflöhen des süssen Wassers durch die Lage der Augen, die ziemlich weit von der Rückenlinie fast mitten auf der Schale einen Höcker bilden. Die abgebildete Art findet sich zu Millionen im Cypridinenschiefer Nassaus.

§. 367. Bei dem silurischen Systeme schon erwähnten wir, dass nur eine höchst geringe Anzahl von Ueberresten einiger Knorpelfische in dem obersilurischen Systeme gefunden werde; dass dagegen das devonische System sich durch eine ungemeine Entwickelung eigenthümlicher Fischfamilien auszeichne, welche zum grossen Theil auf dieses System selbst oder auf die paläozoischen Gebilde beschränkt seien. Unter diesen Fischen tritt besonders die Unterordnung der Panzerganoiden auf, deren wesentliche Charaktere darin bestehen, dass die Haut mit grossen Knochenplatten betäfelt ist, welche oft in einem mehr oder minder bedeutenden Umfange des Körpers zu einem förmlichen Panzer an ein-

ander stossen. Das Skelett aller Fische, die zu dieser Unterordnung gehören, ist knorpelig und besteht aus einer ungetheilten Wirbelseite, auf welcher härtere Wirbelbögen aufsitzen. Auch die Schädelkapsel ist stets hornig und das Maul gewöhnlich auf der unteren Seite des Kopfes angebracht. Ein lebender Repräsentant dieser Unterordnung ist der Stör. Zu ihr gehörte die Familie der Schildköpfe (*Cephalaspida*), welche nur in dem devonischen Kohlensysteme gefunden werden, dann aber spurlos aussterben. Breite Knochenplatten bedecken in dieser Familie nicht nur den Kopf, sondern auch einen Theil oder selbst die ganze Länge des Leibes, so dass dieser von einer Art Panzer umhüllt wird, aus welchem bei einzelnen Gattungen nur Schwanz, Kopf und Flossen beweglich hervorschauen. Die Knochentafeln sind aussen meistens mit charakteristischen Relieffiguren versehen, die Flossen stets höchst unvollständig ausgebildet, zuweilen nur in Form säbelförmiger Anhänge entwickelt.

Die Gattung *Pterichthys* (Fig. 158) bestand aus kleinen Fischen,

Fig. 158.



Pterichthys cornutus.
Aus Schottland.

deren Leib in einen hochgewölbten Schildkrötenpanzer eingeschlossen war, aus welchem vorn der mit Tafeln belegte Kopf, hinten der kleine beschuppte Schwanz hervorsah, auf welchem eine höchst unbedeutende Rückenflosse sass. Die Brustflossen bestehen aus einer Reihe länglicher beweglicher Glieder und sind an der Seite mit feinen Strahlen besetzt. Der Leibpanzer selbst besteht oben aus sechs, unten aus neun Platten, an welche sich vorn der mit Platten getäfelte Kopf anschliesst. Die bizarren Fische, die man früher bald als Käfer, bald als Schildkröten ansah, kommen an manchen Gegenden in Schottland so häufig in dem alten rothen Sandsteine vor, dass man Wagenladungen davon wegführen kann.

Die Gattung *Cephalaspis* (Fig. 159 a. f. S.) gehört derselben Familie an. Der Kopf ist ausserordentlich gross und wird von einem halbmondförmigen Schilde bedeckt, das nach hinten in zwei Spitzen ausgezogen ist und auf dessen Höhe die Augen stehen. An dieses Kopfschild schliesst sich ein am Rücken gewölbter Leib, der mit langen

Schmelzschuppen besetzt ist, welche am Rücken und am Bauch in schiefen, an der Seite in geraden Reihen dachziegelförmig über einander

Fig. 159.



Cephalaspis Lyellii.
Devonisches System.

liegen. Der Schwanz ist an seinem hinteren Ende aufgebogen und trägt eine kurze Flosse unter diesem aufgebogenen Ende, während an dem Anfange des Schwanzes eine kleine Rückenflosse sich findet.

§. 368. Aus der Unterordnung der Eckschupper (*Rhombifera*), welche von den übrigen Ganoiden sich durch die viereckigen rhomboidalen, mit Schmelz überzogenen Schuppen auszeichnen, findet sich theils in dem devonischen, namentlich aber auch in dem Kohlensysteme eine Familie von Fischen vor, deren Schuppen so klein sind, dass sie fast wie mit Chagrin bedeckt aussehen. Diese Kleinschupper (*Acanthodida*, Fig. 160)

Fig. 160.



Restauration von *Acanthodes*.

hatten eine kurze gedrängte Gestalt, dicken hohen Kopf, weite Mundspalte und eine heterocerke Schwanzflosse, indem der Schwanz sich nach oben aufbiegt und an seinem unteren Rande die Flosse trägt. Die Brust- und Bauchflossen, sowie die Rücken- und Afterflosse waren gewöhnlich mit starken Stacheln bewaffnet.

§. 369. Der gleichen Unterordnung gehört die Familie der Doppelflosser (*Dipterida*, Fig. 161) an, welche nur in dem rothen Sandsteine vorkommt, einen platten Kopf mit breiter Mundspalte besitzt, die bald mit Bürsten, bald mit Kegelzähnen bewaffnet ist, und statt der Kiemenhaut an der Kehle zwei länglich dreieckige Deckknochen zeigt; die Schuppen sind glatt, der Körper lang, spindelförmig und die Familie wesentlich dadurch ausgezeichnet, dass ausser den paarigen Flossen stets zwei

Rückenflossen und zwei Afterflossen existiren, welche die Fische zu schnellen Raubfischen machen mussten.

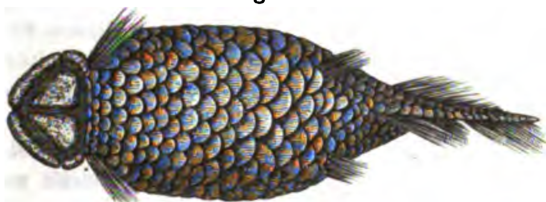
Fig. 161.



Restauration von *Dipterus.*

Die Unterordnung der Rundschupper (*Cyclifera*), deren Schuppen bei der rundlichen Form, welche den gewöhnlichen Fischen zukommt, eine ausgezeichnete Schmelzbedeckung besitzen, zeigt sich ebenfalls in dem devonischen Systeme stark vertreten und zwar namentlich durch die Familie der Faltenschupper (*Holoptychida*, Fig. 162), mächtige Raub- §. 370.

Fig. 162.



Holoptychius nobilissimus. Von der Bauchseite.

fische, deren Maul mit grossen kegelförmigen Fangzähnen bewaffnet war, welche eine äusserst complicirte gefaltete Structur darbieten. Die Schuppen dieser Fische waren gross, rund, dachziegelförmig über einander gelegt, mit dicken Schmelzfalten versehen und die Platten des Kopfes auf der Oberfläche vielfältig emaillirt und mit sonderbaren Erhabenheiten verziert. Die Flossen sind ziemlich stark entwickelt und die Kehle durch zwei dreieckige Platten gedeckt, welche die Kiemenhaut vertreten.

Wir finden so in dem devonischen Systeme die Gruppen, in welche sich die grosse Ordnung der Ganoiden theilt, schon vollständig vertreten, wenn auch meistentheils mit Formen, welche durch die knorpelige Natur des Skelettes einen niederen Stand in der Reihe bekunden. Ausser den erwähnten Familien kommen indess auch Ueberreste von Knorpelfischen vor, die namentlich den stacheltragenden Haifischen angehören. Die Häufigkeit dieser Ichthyodoruliten, wie man die Stacheln aus den Flossen dieser Haifische genannt hat, sowie der Zähne, welche mehr zum Zermalmen der Beute, als zum Zerreissen dienten, §. 371.

steht indessen in keinem Verhältniss zu der Häufigkeit der Reste von Ganoiden, welche wir soeben erwähnten.

§. 372. In den letzten Jahren erst wurden in dem alten rothen Sandsteine bei Elgin Platten mit Fussspuren gefunden, deren Anordnung in zwei Reihen auf ein kleineres, vierfüssiges Thier mit kurzen Beinen, auf ein Amphibium oder ein Reptil deuteten. Aus früherer Zeit her kannte man schon verkohlte Haufen kugelähnlicher Massen, die wohl Eiermassen sein konnten und jetzt bestimmt für Eier froschähnlicher Thiere angesprochen werden. Endlich wurde, ganz in der letzten Zeit, das hintere Theil eines Skelettes entdeckt, dessen Abbildung wir hier in natürlicher Grösse geben (Fig. 163). Ausser diesem Stücke fanden sich sehr kleine kegelförmige Zähnchen, ein Stück einer Unterkinnlade und verstümmelte Schädelreste. Die Structur der Wirbel, der Rippen, des Beckens, welche man an dem abgebildeten Skelette sieht, weist auf ein salamanderähnliches Thier hin, welches einige Charaktere besass, die es den Eidechsen näher brachten. Durch diese Mischung von Amphibien- und Reptilien-Charakteren nähert sich das fossile Thier den Labyrinthodonten, welche wir später betrachten werden.

Fig. 163.



Telerpeton Elginense.

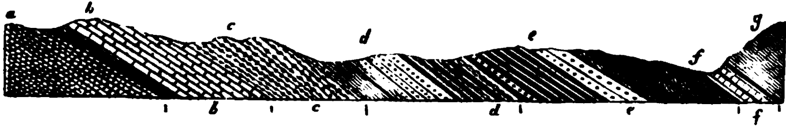
3. Das Steinkohlensystem.

(*Terrain houiller; Carboniferous system.*)

§. 373. Die Schichten dieser Gruppe gehören zu den wichtigsten für den praktischen Geologen, da man fast überall, wo sie vorkommen, sicher sein kann, dass zwischen den Gesteinen bauwürdige Lager oder Flötze von Steinkohlen vorkommen, auf deren Dasein hauptsächlich in der jetzigen Zeit die Industrie und der Reichthum eines Landes beruht. Es ist damit nicht gesagt, dass Steinkohlen nicht auch in anderen Systemen vorkommen können; — wir haben schon gesehen, dass in dem devonischen Systeme bauwürdige Lager vorkommen, die zuweilen selbst

eine bedeutende Ausdehnung besitzen, wir werden nicht minder in den nachfolgenden Capiteln eine Menge von Beispielen finden, wo Kohlen-

Fig. 164.



Schichtenfolge des Kohlengebirges in England.

a Devonische Sandsteine (*Olded sandstone*). *b* Kohlenkalk (*Mountain limestone*). *c* Flötzleerer Sandstein (*Millstone grit*). *d* Untere Kohle mit Eisennieren (*Lower coal and ironstone*). *e* Mittlere Kohle (*Main coal*). *f* Obere Kohle mit Süsswasserkalk (*Upper coal and freshwater limestone*). *g* Rothes Todtliegendes (*New red Sandstone*).

flötze in diesen oder jenen Formationen vorkommen, so dass man wohl sagen kann, dass es keine Formation gebe, welche nicht dergleichen Flötze an einzelnen Orten zeige. Das Steinkohlensystem unterscheidet sich nur von den übrigen durch die grosse Menge und das regelmässige Vorkommen der Flötze, sowie durch ihre bedeutende Mächtigkeit und die meistens vortreffliche Qualität der Kohlen. Man unterscheidet in diesem Systeme zwei sehr wesentlich von einander getrennte Gruppen, den Kohlenkalk (*Calcaire carbonifère; Mountain limestone;* Bergkalk) und den Kohlensandstein (*Grès houiller; Carboniferous grit*), welcher letztere die gewöhnlich zwischen Schieferthonen eingeschlossenen Kohlenflötze enthält. Der Kohlenkalk bildet die untersten Schichten der Formation und ist offenbar eine Meeresbildung. Man findet in ihm Versteinerungen von Seethieren in grosser Menge, aber nur hier und da Schmitzen von Kohle, welche nicht bauwürdig ist. Der Kohlenkalk ist gewöhnlich grau, blau, seltener weiss oder schwarz, meist dicht, bituminös, stinkend, oft kieselig, bisweilen dolomitisch oder oolithisch und enthält oft Knauer von Hornstein. Gewöhnlich hat er mächtige Schichten, vielfache Zerklüftungen und bildet deshalb schroffe Wände, scharf geschnittene Schluchten und mannigfache Höhlen, die besonders der Auswaschung dolomitischer und thonerdehaltiger Lager ihre Entstehung verdanken. Selten findet sich an seiner Basis Anhydrit, Gyps und Kochsalz. Der Kohlensandstein beginnt oft, besonders in den Binnenmulden, mit groben Conglomeraten und Breccien und geht dann in grauliche, weisse oder gelbliche feste Sandsteine mit kieseligem Bindemittel über, zwischen denen zuweilen Kieselschiefer, besonders in Nordamerika, sich finden. Die Schieferthone sind weich, oft glimmerig, meist braun oder schwarz, seltener roth und zwischen ihnen kommen oft sehr feste dunkle Thonschiefer, Alaunschiefer und bituminöse Brandschiefer vor. Im Hangenden der Kohlenflötze zeigen sich innerhalb dieser Schiefer an vielen Stellen, besonders in England, Nordamerika, der Pfalz, Lager und Nieren von Thoneisenstein und Sphärosiderit, der

neben der Kohle einen wesentlichen Reichthum des Kohlengebirges darstellt. Der Kohlensandstein und Schieferthon enthalten nur selten Reste von Seethieren, dagegen eine Menge Versteinerungen und Abdrücke von Pflanzen und solchen thierischen Geschöpfen, welche in Brackwassern, Sümpfen, sumpfigen Wäldern, Morästen und auf dem trockenen Lande leben. Die eigentlichen Steinkohlenflötze bilden innerhalb dieser Sand- und Thonschichten bestimmte für sich bestehende Schichten und sind offenbar aus der Umwandlung von Pflanzenresten erzeugt. Es haben sich demnach die oberen Schichten des Kohlensystemes offenbar an dem Ufer, sei es von Binnenseen, sei es von dem Meere abgelagert, und man kann je nach der Anwesenheit oder Abwesenheit des rein marinen Kohlenkalkes zweierlei Gruppen von Steinkohlenablagerungen unterscheiden, Meeresbecken, an deren Basis der Kohlenkalk entwickelt ist, und Binnenmulden, wo derselbe fehlt.

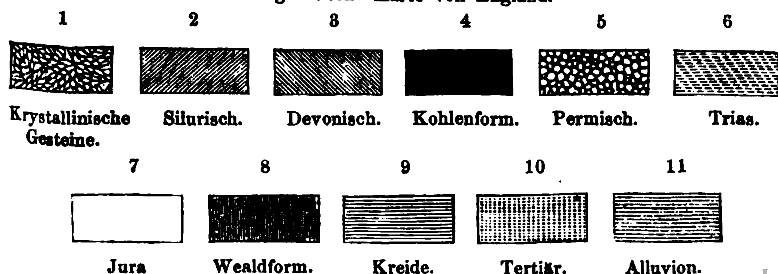
1. Marine Steinkohlenbecken.

§. 374. Unter den europäischen Ländern ist England am reichsten ausgestattet worden, da es für sich allein mehr Kohlen fördern kann, als alle übrigen europäischen Länder zusammengenommen. Die Kohlenablagerungen finden sich im Norden und Westen, wo sie auf den Schichten des devonischen Systemes und theilweise auch unmittelbar auf krystallinischen Gebilden aufruhen. Der Zusammenhang der ganzen Kohlengebilde ist an der Oberfläche theils durch gewölbartiges Emporsteigen der devonischen Schichten, theils auch durch Ueberlagerung von späteren Formationen, wie namentlich von der Trias unterbrochen, so dass man verschiedene Becken unterscheiden kann, welche indess in ihrer Zusammensetzung wenig von einander unterschieden sind.

§. 375. Eines der bedeutendsten Kohlenbecken befindet sich im Süden von Wales, in Caermarthenshire. Es bildet eine längliche, von Ost nach West gerichtete Ellipse, dessen nördliche Grenze überall durch die tieferen Schichten des devonischen Systemes genau bezeichnet ist, während die südliche Grenze durch den Bristolcanal unterbrochen und vielfach zerstört ist. Es ist am breitesten in seinem östlichen Ende, wo es vier geographische Meilen Durchmesser hat, während seine grösste Länge von St. Bridesbai bis Pontypool etwa zwanzig geographische Meilen betragen mag. Im ganzen Umkreise des Beckens sieht man den Kohlenkalk, der in unmittelbarer Nähe des alten rothen Sandsteines eine schalenförmige Schieferstructur zeigt, dann compact wird und nach oben durch allmälige Uebergänge in den flötzleeren Sandstein oder *Millstone grit* übergeht, der jedoch nicht sehr mächtig ist und bald in abwechselnde Lager von Thonschiefer und feinkörnigem Sandstein mit untermengten Kohlenlagern sich umwandelt. Die Kohlenflötze

Fig. 165.

Geognostische Karte von England.



selbst sind höchstens 9 Fuss dick; die Kohlen meist von ausgezeichneter Güte, und man hat im Ganzen genommen etwa 95 Fuss bauwürdige Kohlen. Ueber den Kohlenschichten kommen meist noch einige Lager feinkörniger Sandsteine vor, zwischen welchen, wie namentlich bei Shrewsbury, zuweilen einzelne Bänke eines rauhen porösen Kalksteines eingeschoben sind, der alle Charaktere eines ächten Süsswasserkalkes an sich trägt und in welchem auch wirklich kleine Krebse und Süsswassermuscheln gefunden werden. Zwischen den Thonschiefern der Kohlenflötze liegen mächtige Schichten von thonigem Sphärosiderit, so dass an vielen Orten die ganze Beschickung der Eisenhochöfen mit Brennmaterial, Erz und Flussmittel unmittelbar aus den Grubenschachten gefördert wird.

Das Becken im Ganzen stellt eine einzige grosse Mulde dar, deren Nordflügel regelmässig ausgebildet ist und nur schwach, mit 10 Grad gegen Süden einfällt, während der Südflügel vielfach geknickt und gefaltet ist und mit 45 Grad einfällt. Der Ostflügel, der beide verbindet, ist halbkreisförmig und ebenfalls etwa mit 10 Grad Fall gesenkt. Im Inneren der Mulde sind die Flötze und Schichten vielfach zusammengefaltet, so dass sie eine Menge scharfer Rücken und Falten zeigen, die bald Wellenlinien, bald Zickzacke bilden, die fast genau von Ost nach West streichen.

§. 376. Das Kohlenbecken von Wales, als dessen äusserste, durch den devonischen Sandstein abgetrennte Theile die kleineren Becken von Bristol etc. betrachtet werden müssen, ist durch eine weite Ausdehnung von devonischen Gebilden, sowie durch überlagernden bunten Sandstein von einem weiten Striche der Kohlenformation getrennt, welcher etwa von Süd nach Nord orientirt, von Nottingham bis gen Derby sich hinzieht. Die Schichten dieser grössten bekannten Kohlenformation Europas fallen im Allgemeinen nach Osten ein, so dass man auf einem Querdurchschnitte von West nach Ost successiv die ganzen Systeme von dem Kohlenkalke bis zu dem Jura durchschreitet.

In Derbyshire und Yorkshire, dem südlichsten Theile dieser Kohlenformation, bei Sheffield, Nottingham und Manchester findet sich in der Mitte der Kohlenkalk mächtig in domartig gewölbten Schichten entwickelt, auf welchem ringsum der flötzleere Sandstein aufliegt. Meist ist dieser in seinen unteren Lagen mit Bänken von Thoneisenstein und schwarzen Thonschiefern untermischt, während er oben einen rauhen Sandstein darstellt. Je weiter nach Norden man diese beiden Abtheilungen verfolgt, desto mächtiger wird der Kalkstein, der zuweilen bedeutende Höhlen enthält, und während zugleich der *Millstone grit* sich in seiner ursprünglichen Dicke erhält, werden die eigentlichen Kohlenschichten ganz von der Oberfläche verdrängt und das Becken im Norden von Leeds gänzlich von seiner Fortsetzung in der Nähe von Newcastle abgeschnitten. In dem ganzen Zwischenraume zwischen Leeds

und dem Becken von Newcastle ruht der Zechstein des permischen Systemes unmittelbar auf dem flötzleeren Sandsteine.

In dem ganzen südlichen Theile, sowie in dem Becken von Wales, finden sich sehr viele mächtige Eisennierenlager zwischen den Kohlenschichten eingestreut, während im nördlichen Theile, bei Newcastle, die Eisennieren von keiner Bedeutung sind. Das ganze Becken ist von vielfachen Verwerfungen durchzogen, die aber meist in zwei grossen Richtungen streichen, von Ost nach West und von Süd nach Nord, so dass gleichsam mehr oder minder quadratische Felder dadurch gebildet werden. Man hat in Folge dieser Verwerfungen dieses Becken oft nicht mit Unrecht einer Masse von Eis verglichen, das durch einen Eisgang gebrochen und dessen Bruchstücke verschieden gehoben, verschoben und dann wieder durch neuen Frost vereinigt wurden. Besonders bekannt ist unter diesen Verwerfungssprüngen der *Ninety-fathom-dyke* bei Newcastle, eine weite, mit Sandstein gefüllte Kluft, die an vielen Orten über 90 Faden (200 Meter) breit ist, nach Norden einfällt und an welcher der nördliche Theil des Kohlenfeldes so in die Tiefe gesunken ist, dass der Zechstein in der Fortsetzung der Kohlenflötze liegt. Die Tiefe, bis zu welcher dieser Theil des Kohlenfeldes sank, also die senkrechte Höhe des Sprunges, wechselt zwischen 200 und 350 Metern.

Die grosse Kohlenformation zwischen dem Bristolcanal einerseits §. 377.
und der Tweed andererseits, deren constituirende Glieder wir soeben beschrieben haben, zeigen eine merkwürdige successive Veränderung in ihrem Verhalten. Der Thonschiefer wird allmälig kalkhaltig und wandelt sich nach und nach in eine mächtige Masse eines eigenthümlichen plattenförmigen Kalksteines um. Der flötzleere Sandstein ebenfalls wird, je mehr er an Mächtigkeit zunimmt, um so zusammengesetzter; er enthält Kohlenflötze und bald schieben sich in seine untere Partie Kohlenflötze mit Schiefern und Kalksteinen ein, so dass es fast scheint, als läge das Flötz von Newcastle in weit tieferen Schichten, in den Tiefen des *Millstone grit*, während die südlicheren Kohlen über demselben sich finden.

Ganz von den englischen Verhältnissen weicht das Verhalten der §. 378.
Kohlenformation in Irland ab. Dort bildet der Kohlenkalk fast den grössten Theil des Bodens der Insel und zeigt sanfte wellenförmige Biegungen und flache Hügel mit vielen morastigen Thälern. Nur hier und da finden sich in stärkeren Einsenkungen kleine Flecken und Mulden von Sandsteinen, Thonschiefern und Kohlenflötzen — sonst ist überall nur das unterste kalkige Glied entwickelt.

In Schottland finden sich einige kleine Becken, wovon dasjenige von Bourdiehouse bei Edinburg besonders deshalb interessant ist, weil unter sehr versteinerungsreichem marinem Kalkstein Schieferthone mit Pflanzen liegen, und unter diesen, am Grunde der ganzen Bildung ein

10 Meter mächtiges Lager von Süsswasserkalk, das Abdrücke von Pflanzenstämmen und Schalen von *Cypris* und anderen Thieren des süssen Wassers enthält.

§. 379. Diejenigen Steinkohlenablagerungen des Continentes, welche offenbar längs den seichten Ufern der Meere in der Kohlenzeit sich bildeten, zeichnen sich, wie die englischen, allgemein durch Entwickelung des Kohlenkalkes mit seinen Resten von Seethieren aus und unterscheiden sich dadurch von den Binnenmulden. Es besitzen diese marinen Steinkohlenbecken des Continentes begreiflicher Weise eine weit bedeutendere Ausdehnung und grössere Regelmässigkeit im Streichen ihrer Schichten, als die Binnenmulden, und man kann daher bei den ersteren mit weit mehr Hoffnung die Fortsetzung der Kohlenlager in der Richtung der Streichungslinie auch dann suchen, wenn dieselben von späteren Ablagerungen überdeckt wurden. Die Fortsetzung der belgischen Steinkohlen auf französischem Gebiete unter den überdeckenden Schichten der Kreide und der Tertiärablagerungen wurde nach langem Suchen im vorigen Jahrhundert entdeckt und fand sich genau in der Richtung der Streichungslinie. Aehnliche Nachsuchungen könnten auch bei anderen Ablagerungen dieser Art mit Erfolg versucht werden.

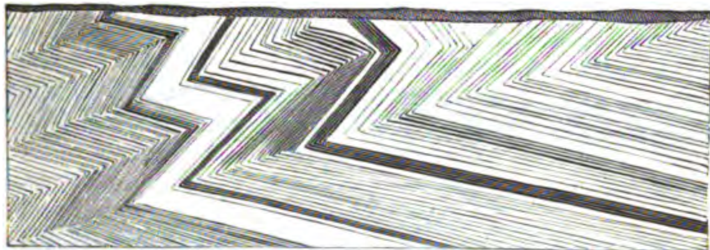
§. 380. Die bedeutendste Ablagerung dieser Art auf dem Continente ist das belgische Becken, welches auf dem Nordrande der Ardennen auf einer etwas gekrümmten Linie zu Tage geht, die sich von Aachen aus über Lüttich, Namur, Charleroi und Valenciennes hinzieht. Die Ablagerung lehnt sich im Süden auf die älteren Gesteine der Ardennen und des rheinischen Schiefergebirges; sie wird im Norden von der belgischen Kreide und den Tertiärablagerungen desselben Landes, im Westen von den tertiären Schichten des Pariser Beckens, der Kreide, und weiterhin von den jurassischen Schichten überdeckt und auf dem ganzen Gebiete so von diesen neueren Gebilden verhüllt, dass mehr oder minder tiefe Schachte durch die Kreide gegraben werden müssen, um zu den eigentlichen Kohlenlagern zu gelangen. Diese mögen vielleicht, nächst denjenigen von Wales, die reichsten Schichten der Welt sein, und von ihnen allein hängt die so reichblühende Industrie Belgiens ab. Die Schichten des eigentlichen Kohlensystemes gehen hauptsächlich längs des Laufes der Maas und der Sambre zu Tage.

Der Kohlenkalk dieses Beckens ist meist blau oder schwärzlich, bietet zuweilen beim Bruche einen stinkenden Geruch und zeigt häufig Adern von weissem Kalkspath. Er ist meistens compact, körnig und wird oft als Marmor ausgebeutet, der schwarz mit weissen Flecken ist, welche Flecken Durchschnitte von Fossilien, namentlich von Enkrinitenstielen darstellen. Zuweilen enthält der Marmor Dolomite.

Die kohlenführenden Schichten, welche auf diesem Marmor liegen und oft die seltsamsten Biegungen zeigen (Fig. 166), bestehen haupt-

sächlich aus schiefrigem Thon, aus festeren Thonschiefern, aus Sandsteinen. Der Schieferthon ist feinkörnig, weich, von erdigem, mattem

Fig. 166.



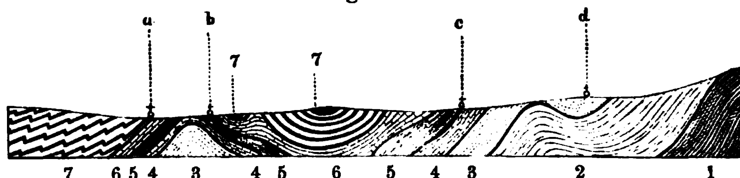
Zickzackbiegungen der Schichten im Kohlenbecken von Mons.

Bruche, grauer oder schwarzer Farbe, und im Inneren der Gruben oft von grosser Festigkeit. Sehr oft finden sich Glimmerblättchen in seiner Masse. Diese Thonschiefer gehen hier und da in den Sandstein über, der meist aus feinen Quarzkörnern besteht, die durch wenig Mörtel zusammengehalten sind, und meist eine dunkelgraue Farbe hat. Conglomerate oder grobkörnige Sandsteine sind selten. Lager von Eisennieren finden sich häufig zwischen den Thonschiefern; noch öfter aber Eisen- und Schwefelkiese. Trotz der grossen Menge von Verwerfungen und Einknickungen, die im Allgemeinen die Steinkohlenflötze betroffen haben, ist doch die Schichtung eine ungemein regelmässige, namentlich wenn man sie derjenigen der Binnenmulden gegenüber hält. Die Schichten und Lager von Kohle, Schiefer und Sandstein behalten ihre Dicke auf weite Strecken bei, die einzelnen mineralogischen Modificationen bilden sehr weit verfolgbare Zonen, und die abwechselnden Aufblähungen oder Compressionen der Kohlenschichten, welche den Abbau der Binnenmulden meist so unregelmässig machen, sind hier nur selten zu sehen. Die Kohlenschichten sind sehr zahlreich, aber von geringer Mächtigkeit. Das grosse Lager von Anzin hat nur einen Meter Dicke. Die Steinkohlen sind um so fetter, je näher der Oberfläche sie sich finden, sie werden magerer und schliessen sich hinsichtlich ihrer Natur nach mehr dem Anthracit an, je tiefer in der Reihe sie liegen.

In der Nähe von Aachen, an dem nördlichen Ausgangspunkte §. 381.
dieses grossen Kohlenstreifens, liegen zwei Gruppen von Kohlenschichten, die bei Eschweiler und Rolduc ausgebeutet werden; ersteres kleine Becken gehört noch ganz zu Deutschland, das letztere nur theilweise. Die Ausbeute ist sehr bedeutend; die Steinkohle, wenn auch nicht sehr fett, doch von trefflicher Qualität und leicht verführbar. Die Eschweiler Mulde zeigt eine fast gleichförmige Beckenbiegung der Schichten, deren östlicher Flügel indess steiler fällt, als der westliche.

In der Worm-Mulde dagegen sind alle Schichten zickzackförmig geknickt, und zwar in der Art, dass die östlichen Flügel der Zickzacke

Fig. 167.



Durchschnitt von Aachen nach Montjoie.

a Aachen. *b* Burtscheid. *c* Hahn. *d* Rötger.

1 Aelteste Schiefer (untersilurisches System). 2 Aeltere Grauwacke (obersilurisches System). 3 Jüngere Grauwacke (Spiriferensandstein). 4 Eifeler Kalkstein. 5 Oberdevonisches System (Posidonomyenschiefer). 6 Kohlenkalk. 7 Kohlenbecken, links das von Aachen an der Worm, rechts das von Eschweiler.

steil fallen, die westlichen dagegen nur sehr sanft. Belgien besitzt die Hauptausdehnung des Beckens an der Worm, das sich weiter in den grossen belgischen Kohlenzug fortsetzt. Dieser zeichnet sich besonders durch die Fettigkeit seiner Kohlen aus; namentlich in der Umgegend von Lüttich wird die Kohle so fett, dass man sie zu gewöhnlichem Gebrauche mit Lehm mischen und kneten muss; man zählt dort etwa sechzig Schichten, von denen mehr als die Hälfte bauwürdig ist, während bei Eschweiler von sechsundvierzig Kohlenflötzen nur etwa funfzehn ausgebeutet werden. Nicht minder reich sind die Gruben von Charleroi bei Namur und von Mons; letztere senken sich allmälig unter die jüngeren Schichten des nördlichen Frankreichs, die allmälig an Dicke zunehmen, während zugleich das Niveau des Kohlensystemes sich immer mehr senkt, so dass es bei Anzin 80, bei Aniche 120 Meter unter der Bodenfläche sich findet.

§. 382. Eine Fortsetzung der bedeutenden Kohlenformation von Belgien wird offenbar von denjenigen Lagerstätten gebildet, welche längs des Ufers der Ruhr zwischen Westphalen und dem Rothhaargebirge sich hinziehen. (Siehe Fig. 120, S. 218, die Karte des rheinischen Uebergangsgebirges.) Die Kohlenformation ist hier aus drei verschiedenen Gliedern zusammengesetzt, dem Kohlenkalkstein, dem flötzleeren Sandstein (*Millstone grit*) und den Steinkohlengebilden selbst.

Der Kohlenkalk bildet eine schmale lange Bande, die, der Ruhr etwa parallel laufend, von der Nähe von Düsseldorf an bis gen Stadtberg an der Diemel sich erstreckt und namentlich in der Nähe von Arensberg bedeutender entwickelt ist. Der Kohlenkalk liegt unmittelbar auf den Schichten der devonischen Kalke auf, welche den Nordrand der Grauwackengebilde einnehmen. Er enthält hier und da Nieren von Thoneisenstein, ist meist schiefrig, plattenförmig und wechselt zuweilen mit Schichten von Thonschiefer, Alaunschiefer und Kie-

selschiefer ab. Auf diesen Kalken liegen mächtige Lager von graulichen Sandsteinen, die sehr feinkörnig erscheinen, meist zu Bausteinen benutzt werden können, zuweilen aber sehr weich und thonig werden, und die offenbar dem *Millstone grit* der Engländer entsprechen. Der Name „flötzleerer Sandstein" für diese Gebilde der Steinkohlenformation ist durchaus bezeichnend gewählt. Namentlich im Osten gewinnen diese Sandsteine eine bedeutende Mächtigkeit, sie verdrängen allmälig die kohlenführenden Gesteine durchaus, so dass an dem ganzen Südrande der westphälischen Kreide von Frömern aus östlich die Steinkohlengebilde nicht mehr vorkommen und der flötzleere Sandstein unmittelbar von den Kreidemergeln überdeckt wird.

Die Steinkohlengebilde entwickeln sich auf beiden Seiten der Ruhr §. 383.
von Herdicke an und scheinen durch mehre von Südwest nach Nordost streichende Ausläufer des flötzleeren Sandsteines in einzelne Becken zerfällt zu sein, welche durch die Ruhr durchschnitten werden und in welchen auch die Schichten muldenförmig abgelagert sind. Die Steinkohlenflötze, welche an den Ufern der Ruhr ausgebeutet werden, finden sich hauptsächlich zwischen Thonschiefern abgelagert, die schwärzlichgraue bis pechschwarze Farbe haben, meist sehr fein spalten und eine bedeutende Menge von Pflanzenabdrücken enthalten; dazwischen kommen mehr oder minder mächtige Schichten feinkörniger, meist blaugrauer Sandsteine vor, die zuweilen in sehr grobe Conglomerate übergehen. Man baut meistens nur Kohlenschichten, deren Mächtigkeit 20 Zoll übersteigt, und hat in manchen Schachten mehr als sechzig Lager gefunden, von denen aber nur wenige bauwürdig erschienen. Verwerfungen sind nicht sehr häufig; nur in der Gegend von Werden, wo sich besondere Mulden bilden, findet man sie öfter. Die Ruhrkohlen sind einer der mächtigsten Hebel der Industrie in den preussischen Rheinlanden; sie sind von vortrefflicher Qualität, und die Fabriken von Düsseldorf und Elberfeld verdanken der Nähe und leichten Herbeischaffung dieses Brennstoffes hauptsächlich ihren bedeutenden Aufschwung.

In **Russland** (siehe Fig. 66, Seite 218, die Karte des östli- §. 384.
chen Europas) nehmen die Steinkohlengebilde einen ungeheuren Raum ein, der sich von dem Ufer des Weissen Meeres als eine breite Bande von Nord nach Süd zieht und in der Umgegend von Moskau keulenförmig anschwillt, so dass diese Anschwellung dem Winkel entspricht, den die Bande der devonischen Gebilde macht, auf welchen das Steinkohlensystem aufruht. In der That zeigt sich als letzter Ausläufer eines von West nach Ost gerichteten Schenkels dieser Bande, welcher von Kreide und Tertiärablagerungen überdeckt ist, das Steinkohlensystem auf einem kleinen Raume bei Stauropol an den Ufern der Wolga. In dem ganzen Raume dieser Ausdehnung fallen die Schichten, wenngleich scheinbar horizontal, gegen Osten hin ein und werden von den Ablagerungen des permischen Systemes überdeckt. Der Beweis, dass

sie nur den Rand einer beckenförmigen Ablagerung darstellen, wird indess dadurch geliefert, dass der Ural in seiner ganzen Länge nach Westen hin von einem Striche von Steinkohlenschichten begrenzt wird, welche alle nach Westen hin einfallen, also den Gegenflügel der Mulde bilden. In gleicher Weise wird der Hügelzug des Timan-Gebirges, welcher das Petschoraland von dem eigentlichen russischen Continente trennt, auf beiden Seiten seines mittleren devonischen Kernes von zwei schmalen Kohlenstrichen eingefasst, welche in dieser anticlinalen Linie die heraufgehobenen Hügel der grossen Steinkohlenmulde sind, die den ganzen Raum zwischen Tula, Twer und Archangel einerseits und dem Ural andererseits unterteuft. Ein zweites isolirtes Becken findet sich im Süden nahe den Ufern des Azow'schen Meeres zwischen Don und Dniepr und scheint nur die Fortsetzung des grossen nordsüdlichen Striches zu sein. Diese ungeheure Erstreckung der Steinkohlenformation, die beinahe ein so grosses Gebiet umfasst, als ganz Deutschland und Frankreich zusammengenommen, würde Russland eine bedeutende industrielle Entwickelung sichern, wenn die oberen Glieder des Steinkohlensystemes dort überhaupt entwickelt wären; — statt steinkohlenführender Thonschiefer aber finden sich nur die fast durchaus flötzleeren marinen Ablagerungen des Kohlenkalkes, während die Sandsteine und Schieferthone und mit ihnen die so werthvollen Steinkohlenschichten selbst nur an einzelnen, besonders südlichen Punkten entwickelt sind.

In dem ganzen nordsüdlichen Zuge oder dem westlichen Flügel der Mulde finden sich überall nur Kalksteine, die man nach ihren Versteinerungen in drei Abtheilungen getheilt hat. Die untersten Lager bestehen aus dunkelgrauem, bituminösem Kalkstein, der gewöhnlich auf Sand, Mergel und bituminösen Schiefern ruht, welche hier und da eine sehr unreine kiesige Kohle enthalten, deren mächtigste Lager höchstens einen Fuss dick sind. In dem Sandsteine findet man zuweilen Reste der unter dem Namen *Stigmaria ficoides* bekannten Pflanze in verkiestem Zustande. Ueber diesen Lagern, die unmittelbar auf dem devonischen Systeme ruhen und namentlich im Waldaigebirge sichtbar sind, liegen die Kalksteine, unter deren charakteristischste Versteinerungen der *Productus giganteus* gehört.

Das mittlere Stockwerk wird von einem weissen, oft dolomitischen Kalke gebildet, der zuweilen Lager von dichtem gelben Dolomit, Bänder von rothen und grünen Schiefern und Mergeln und Lager von Quarzknollen enthält und namentlich in der Umgegend von Moskau und Archangel bedeutend entwickelt ist; bisweilen finden sich in diesem Kalksteine, der durch den *Spirifer Mosquensis* besonders charakterisirt ist, dünne Schmitzen von Kohlen.

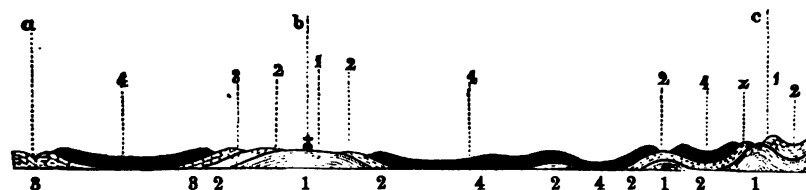
Als oberstes Stockwerk endlich kommt ein grauer, sandiger oder weisser weicher Kalkstein, der mit schiefrigen Lagern wechselt, und

fast nur aus *Fusulina cylindrica* zusammengesetzt erscheint. Diese obersten Schichten sind theils bei Archangel, namentlich aber in dem unteren Kohlenbecken zwischen dem Dniepr und Don entwickelt und enthalten dort auch Lager von Kohlen, die hier und da ausgebeutet werden, aber dennoch von keiner grossen Wichtigkeit sind. An einzelnen Stellen verwandelt sich diese Kohle zu förmlichem Anthracit um, was namentlich in der Nähe der im Süden des Beckens ausgebreiteten krystallinischen Gesteine geschieht.

Am Ural ist der Kohlenkalk in ähnlicher Weise entwickelt, doch kommen dort auch noch über demselben flötzleere Sandsteine vor, welche im Osten fehlen.

In Nordamerika nimmt das Steinkohlensystem, Fig. 168, einen §. 385.

Fig. 168.



Durchschnitt des nordamerikanischen Continentes zwischen den Alleghanies und dem Mississippi.

a Mississippi. *b* Cincinnati. *c* Alleghanies. 1 Silurisches System. 2 Devonisches System. 3 Kohlenkalk. 4 Steinkohlenbecken.

ungeheuren Raum ein und ist muldenförmig zwischen den devonischen Schichten abgelagert. Die ganze Ablagerung kann als ein riesiges Becken betrachtet werden, dessen Lager oder Straten alle Formationen zeigen. Die Queraxe dieses grossen Uebergangsbeckens würde von Wisconsin und der grünen Bai des Michigan-Sees bis in die Gegend von Washington reichen und eine Länge von 700 engl. Meilen haben; die Längenaxe erstreckt sich von Quebec in südwestlicher Richtung bis zu irgend einem noch unbekannten Punkte an dem Flusse Tenessee in Alabama.

Dieses Hauptbecken enthält drei wichtige untergeordnete Becken, die durch Emporwölbungen der unterliegenden devonischen und silurischen Gesteine von einander getrennt sind. In dem Centrum eines jeden Beckens finden sich die ausgedehntesten Kohlenstrecken.

Das grösste dieser untergeordneten Becken erstreckt sich in einer Länge von 600 engl. Meilen, indem es von dem Staate Tenessee aus nordöstlich nach der nordöstlichen Ecke des Staates Pennsylvanien reicht, wo sich noch mehre abgetrennte Theile desselben finden. Die grösste Breite dieses Beckens beträgt 170 Meilen und seine Gesammtfläche kann auf 60000 Quadrat-Meilen geschätzt werden. Der Ohio und seine Nebenflüsse empfangen fast alle Wasser dieses Beckens.

Dieses Becken von Tenessee und Pennsylvanien, welches die amerikanischen Geologen auch das Apalachische Kohlenfeld genannt haben, wird am meisten ausgebeutet, besonders in seinen nördlichen Theilen. Der ganze östliche Saum, welcher an den Alleghanies entlang geht, ist von starken Revolutionen erschüttert worden, so dass die Kohlenlager dort sogar umgestürzt sind. In diesem Theile des Beckens sind alle Kohlen im Zustande des Anthracits. Wenn man das Becken von Osten nach Westen verfolgt, so werden die Revolutionen immer weniger bemerklich und die sämmtlichen Lager enden an dem Westsaume ziemlich horizontal, die Kohle aber zeigt sich in dem Zustande einer fetten Steinkohle. Die beständige Erscheinung der anthracitischen Natur der Kohle an den Orten, wo Hebungen des Bodens stattgefunden haben, zusammengehalten mit dem Vorkommen der fetten Steinkohle an den Orten, wo keine derartigen Störungen vorgekommen sind, hat den Anthracit als Resultat der metamorphischen Umwandlungen betrachten lassen, welche die Gebirgshebungen begleitet haben. Es giebt sogar amerikanische Geologen, welche behaupten, dass sie die Lager von Osten nach Westen verfolgt und den Beweis erhalten haben, dass es dieselben Anthracitlager sind, welche an den Seiten der Alleghanies gehoben sind, die gegen Westen unter einer schwachen Neigung enden und sich im Zustande einer fetten Steinkohle befinden. Früher hielt man die Anthracitlager in der Nähe der Alleghanies für ältere Ablagerungen in der devonischen Formation, was sich als Irrthum erwiesen hat.

Das Becken von Illinois, dessen grosse Axe 360 Meilen lang ist, während die kurze Axe über 100 Meilen hält, nimmt eine Fläche von ungefähr 50,000 Quadratmeilen ein. Das Thal des Mississippi bildet seine westliche Grenze fast in seiner ganzen Länge. Dieses Becken wird durch fast horizontale Ablagerungen gebildet und enthält Lager von fetten Steinkohlen, die besonders in dem Ohiothale ausgebeutet werden. Es ist ebenso, wie das folgende, gänzlich von Kohlenkalk umsäumt.

Das dritte Becken ist das von Michigan, dessen Fläche 12000 Quadratmeilen enthält; es wird von denselben Ablagerungen gebildet, wie die beiden vorigen, aber man kennt in demselben bis jetzt noch keine Kohlenflötze von einiger Wichtigkeit.

Ein viertes, der Kohlenformation angehörendes Becken liegt mehr nördlich, ausserhalb des grossen Uebergangsbeckens der Vereinigten Staaten, in Canada, und besteht aus den gesammten Kohlengebieten von Neu-Braunschweig, Neu-Schottland und den Inseln Saint-Jean und Magdalene (im südlichen Theile des St. Lorenzbusens). Aus der Lagerung dieses letzteren Kohlengebirges, welche eine Fläche von mindestens 40,000 Quadratmeilen umfassen, leuchtet ein, dass es einem ungeheuren Becken angehören, einer Mulde, von welcher wir bis jetzt nur den südwestlichen Flügel kennen, während der Hauptheil desselben vom

Meere bedeckt sein muss. Dieses Becken scheint jedoch, wie das vorige, sehr arm an Steinkohlen.

Wenn man die bekannten Kohlengebiete des nördlichen Amerikas zusammenfasst, so findet man, dass sie eine Gesammtfläche von mehr als 160000 Quadratmeilen bilden, was also bedeutend mehr ist, als die gesammten Kohlengebiete von ganz Europa.

Zwischen dem grossen Becken von Pennsylvanien und demjeni- §. 386.
gen von Illinois findet sich eine anticlinale Axe, ähnlich derjenigen des Timan-Gebirges in Russland, wo die tieferen Schichten der Kohle, des devonischen und silurischen Systemes zu Tage kommen. Cincinnati liegt mitten auf dieser, von domartig emporgewölbten Schichten gebildeten Axe. Dort sieht man dann besonders den Kohlenkalk, der zwischen äusserst feinkörnigen, stark glimmerhaltigen Sandsteinen eingelagert ist, welche die Basis des Kohlensystemes bilden. Diese Sandsteine wechseln mit Thonschiefern und enthalten in ihren oberen Lagern Knollen und Mandeln von Kalk, welche allmälig zu einem grauen oder gelblichen compacten Kalke anwachsen, der Bänke von Kieselconcretionen enthält, die besonders reich an Fossilien sind, im Uebrigen aber einen vollkommen sterilen Boden bilden. In seinen oberen Theilen wird dieser Kohlenkalk, der durch seine dolomitische Beschaffenheit Gelegenheit zur Bildung ausgebreiteter Höhlen giebt, oolithisch und enthält dann eigenthümliche Versteinerungen aus der Gattung *Pentremites*.

Ueber dem Kohlenkalke findet sich zuerst ein quarziger Sandstein, der eine grosse Menge kieseliger Gerölle enthält und durchaus dem flötzleeren Sandsteine (*millstone grit*) Englands entspricht. Nach oben hin werden die Sandsteine feiner, weisslich oder graugrünlich und wechseln mit Thonschiefern ab, welche die Kohlenschichten zwischen sich einschliessen; hier und da finden sich untergeordnete Lager von Kalksteinen, die sich durch ihre dunkelbraun-rothe Farbe von dem unteren Kohlenkalksteine unterscheiden, oder auch Lager von Eisennieren, welche indess selten so bedeutend sind, wie in England. Im Allgemeinen bemerkt man einen geringeren Reichthum an Kohle im Verhältniss zu der Mächtigkeit des ganzen Systemes, welche in dem canadischen Becken bis zu 4500 Metern ansteigt.

2. Binnenmulden.

Alle Kohlenbecken im Inneren des europäischen Continentes schei- §. 387.
nen mehr oder weniger dieser Form anzugehören, und es zeichnen sich diese Ablagerungen namentlich dadurch von den anderen Kohlenbecken aus, dass der Kohlenkalk mit seinen zahlreichen Fossilien, die offenbar der See angehörten, gänzlich fehlt und nur Sandsteine, Thonschiefer

und Conglomerate in diesen Mulden als Begleiter der Steinkohlenflötze vorkommen.

§. 388. Das bedeutendste dieser Becken in Deutschland ist das pfälzische Kohlenbecken (Fig. 169), das sich zwischen Saarbrück und

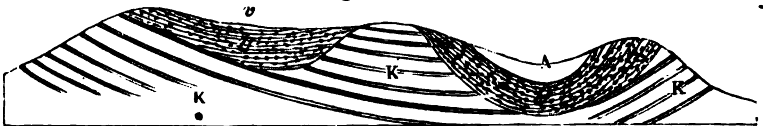
Fig. 169.



Karte des pfälzischen Kohlenbeckens.
Die angewandten Bezeichnungen sind die nämlichen, wie in der Karte des rheinischen Uebergangsgebirges.
1 Aufgeschwemmtes Land. 2 Tertiärbecken von Mainz. 4 Vogesensandstein. 5 Trias. 6 Steinkohlengebirge. 10 Silurisches System. 11 Vulcanische Gebilde.

Kreuznach in einer Länge von etwa fünfundzwanzig Stunden auf vier bis sieben Stunden Breite am südlichen Fusse des Hunsrück hinzieht. Die Hauptrichtung des länglichen Beckens geht von Südwest nach Nordost. Die Schichten, welche die ganze Mulde zusammensetzen, und einerseits auf den Uebergangsschichten des Hundsrück in abweichender Schichtung ruhen, andererseits von dem Vogesensandstein überdeckt werden, scheinen eine bedeutende Mächtigkeit zu erlangen (Fig. 170), die untersten scheinen sogar noch nicht bekannt zu sein. Man

Fig. 170.



Idealer Durchschnitt des pfälzischen Kohlenbeckens.
K Kohlengebirge. *V* Vogesensandstein. *A* Alluvionen.

findet häufige Abwechselungen von meist schiefrigem Kohlensandstein, Puddingen, Conglomeraten und Schieferthonen, zwischen welchen nur hier und da Steinkohle eingestreut ist. Zahlreiche Durchbrüche vul-

canischer Gesteine, namentlich von Porphyren und Melaphyren, haben die Schichten in einigen Gegenden sehr verworfen. Im Allgemeinen ist das Becken arm an Steinkohlen, und trotz seiner grossen Ausdehnung finden sich nur zwei beschränktere Gegenden, wo die Kohle ausgebeutet werden kann; im Norden an den Ufern des kleinen Flüsschens Glan, das sich in die Nahe ergiesst, und im Süden bei Saarbrück. Am Ufer der Glan finden sich nur wenige dünne Schichten trockener, schlechter Steinkohle, die in schmutzig gelbem oder schwärzlichem Kalkstein eingeschlossen sind und meist nur zum Brennen dieses Kalksteines ausgebeutet werden. Ausser diesem Kalksteine besteht dies Gebirge hauptsächlich aus schiefrigen Thonen und bituminösen Mergelschiefern, die zuweilen Zinnober und Quecksilber enthalten, und in welchen man viele Fischabdrücke (bei Münster-Appel) entdeckt hat. Das Bebauen der Kohlen am Ufer der Glan ist äusserst mühsam; es geschieht durch kleine Stollen und Kammern, die so niedrig sind, dass die Bergleute beständig auf dem Rücken oder der Seite liegen müssen; — es heisst die Krummhalsarbeit.

Die Ufer der Saar sind weit besser bedacht und zeigen einen §. 389.
ausserordentlichen Reichthum von Steinkohlen vortrefflicher Qualität, für deren bequeme und wohlfeile Ausfuhr nur leider noch nicht so gesorgt ist, als es wünschbar wäre. Man kennt nicht weniger als 103 bauwürdige Flötze von einem bis zehn Fuss Durchmesser, von denen jedoch nur 30 ausgebeutet werden. Die Hauptschicht, Blücher genannt, hat 13 Fuss Mächtigkeit, und kann von Saarbrück bis Neunkirchen fast ununterbrochen verfolgt werden. Die Hauptmasse des Kohlengebirges wird von einem rothen Sandsteine gebildet, der mit Schieferthonen und Bitterkalken wechselt, viele Pflanzen- und Fischabdrücke enthält und auch zuweilen Lager von Thoneisenstein in Nieren einschliesst. Letzterer ist indess noch weit häufiger in den unteren Schichten des Beckens, wo besonders Schieferthone vorkommen, und bei Lebach namentlich speisen diese Lager von Eisennieren einige Hochöfen und bilden zuweilen selbst förmliche continuirliche Schichten. Auch Alaunschiefer werden an einigen Gegenden, bei Sultbach und Duttweiler, zwischen diesen Schieferthonen ausgebeutet. Die in diesen schiefrigen Gesteinen oft in grosser Menge entwickelten Eisen- und Schwefelkiese geben zuweilen Gelegenheit zu Zersetzungen, welche Brände herbeiführen, wovon sich bei Duttweiler ein Beispiel findet.

Ein ziemlich bedeutendes Becken ist das niederschlesische, des- §. 390.
sen reichste Schichten besonders in der Umgegend von Waldenburg entwickelt sind, und an dessen Ausbreitungen Schlesien, die Grafschaft Glatz und Böhmen Antheil nehmen. Die Kohlenschichten kommen überall auf dem Umkreise des Beckens zu Tage, wo sie auf den Gneissen, Glimmerschiefern und Uebergangsgebilden des Riesengebirges und Eulengebirges aufruhen, während im Inneren sie durch rothen

Sandstein und tertiäre Gebilde überdeckt sind. Mannigfaltige Durchbrüche von Porphyren, Basalten und anderen vulcanischen Gesteinen haben die Lagerung gebrochen und gestört. Vorherrschend sind im Steinkohlengebilde selbst Sandsteine und Conglomerate von Kieselmassen, deren Bindemittel ein Eisenthon ist. Der feinkörnige Sandstein ist meist hellgelb, zuweilen selbst weiss, öfter gefleckt oder gestreift. Ausserdem findet sich viel Schieferthon, bläulich oder aschgrau mit glänzenden Glimmerblättchen. Im Allgemeinen sind im waldenburgischen Kohlengebirge Eisentheile selten, und es ist im ganzen Reviere kein einziges bauwürdiges Flötz von Eisennieren bekannt.

Die Kohle ist meist vortrefflich, aber nur in dünnen Schichten abgelagert, von einigen Zollen bis höchstens zu drei Lachtern; im letzteren Falle aber zeigen stets thonige Zwischenlager eine Zusammensetzung aus mehren Schichten an, so dass im Allgemeinen kein reines Kohlenflötz von mehr als $1^1/_2$ Lachter Dicke bekannt ist. Die Schichten sind meist unter 18 bis 25 Grad geneigt; Verwerfungen rein locale Erscheinungen.

Schwefelkies ist eine häufige Erscheinung in den Steinkohlen des waldenburger Revieres, und dadurch bedingte Selbstentzündungen und Grubenbrände durchaus gewöhnlich. Bekannt ist der Brand der sogenannten Fuchsgrube bei Waldenburg, der schon seit 1798 dauert. Diese herrliche Grube hat 19 Flötze, wovon 14 bauwürdig sind und worunter sich mehre von mehr als einem Lachter Mächtigkeit befinden.

In der Nähe der Brände sind die Steinkohlen in Coaks verwandelt, und merkwürdiger Weise findet man dieselbe Erscheinung in der Umgegend der Porphyre, welche die Steinkohlen durchbrochen haben, ein Beweis, dass die Porphyre sich auf einem bedeutenden Hitzegrade befunden haben mussten.

§. 391. Die Steinkohlengebilde bei Zwickau in Sachsen liegen unmittelbar auf den primitiven und metamorphischen Gesteinen des Erzgebirges auf. Es ist ein kleines, länglich rundes, an den Enden zusammengedrücktes Becken, dessen Schichten nach Norden fallen, wo sie von rothem Sandsteine und Mandelsteinen überdeckt werden, und dessen grösste Länge $^3/_4$ Stunden, die grösste Breite $^1/_4$ Stunde beträgt.

Der Schieferthon ist das vorherrschende Gestein und tritt in bedeutenden Massen zwischen den Kohlenflötzen auf; der Kohlensandstein findet sich hauptsächlich nur in den unteren Lagern in einiger Mächtigkeit. Eisennieren sind ziemlich häufig. Der Kohlensandstein ist grau, gelblich oder fleischroth; der Schieferthon von dunkler, grauer Farbe und eine bedeutende Menge von Versteinerungen ist namentlich in seinen Blättern gefunden worden. Erdbrände sind nicht selten.

§. 392. Bei Oberhohndorf in der Nähe von Zwickau findet sich folgende Schichtenordnung:

Schieferthon	1/2	Fuss.
Pechkohle	7	„
Schieferthon	24	„
Pechkohle	7	„
Schieferthon mit dünnen Kohlenblättchen und Eisennieren	12	„
Pechkohle	3—5	„
Schieferthon	50	„
Dünne, plattige, klingende Kohle, Scherbenkohle	3	„
Schieferthon, der nach unten in Schieferplatten übergeht	68	„
Sandstein	16	„
Pechkohle, rechtwinkelig zerklüftet, mit Eisennieren, sogenannte Lechkohle	6	„
Schieferthon	24	„
Blätterkohle, mit Schieferthon und Eisennieren, sogenannte zache Kohle	3	„
Schieferthon, unten in Sandstein und Conglomerat übergehend	40	„
Pechkohle mit Schieferthon und Eisennieren, sogenannte Schichtenkohle	7—9	„
Schieferthon	30	„
Schieferthon mit Kohlenblättern, sogenannte neue Kohle	5—6	„
Sandiger Schieferthon	3	„
Schieferthon	7	„
Sandstein	40	„
Russkohle	26—30	„

Die bedeutendste Binnenmulde Frankreichs, welche für sich allein §. 393.
mehr als ein Drittel des gesammten Steinkohlenbedarfs in diesem Lande liefert, ist die von St. Etienne und Rive de Gier, südlich von Lyon auf dem rechten Ufer der Rhone, zwischen dieser und der Loire gelegen. Die horizontale Ausdehnung dieses Beckens ist nur gering, da es nicht mehr als 46000 Meter Länge und an seinem breitesten Punkte 13000 Meter Breite hat; — allein der Reichthum an vortrefflichen Steinkohlen, sowie die Verbindung des Beckens mittelst zweier Eisenbahnen mit der Loire und mit dem Rhein-Rhonecanal und die dadurch bedingte wohlfeile Ausfuhr nach den grössten Städten des Reiches lassen dies Becken als einen der wesentlichsten Hebel der französischen Industrie betrachten.

Das ganze Becken bildet ein schmales, längliches Dreieck, dessen Basis der Loire, die Spitze der Rhone zugekehrt ist, und dessen Wände durchaus von Gneiss gebildet sind. Das Steinkohlenterrain ruht dem-

nach hier, wie in den meisten Becken des Inneren Frankreichs, unmittelbar auf den primitiven und metamorphischen Gesteinen auf, und die ganze Reihe der unterliegenden Systeme, silurisches und devonisches System, fehlt hier durchaus. Das Becken ist in der Mitte durch ein Hügelsystem von sterilen, fast kohlenlosen Sandsteinschichten in zwei Mulden getheilt, deren grösste in der Umgebung von St. Etienne, die kleinste in der Nähe von Rive de Gier sich findet. Es scheint diese Sterilität der mittleren Partie zum Theil mit einer Hebung der vertical darunter befindlichen Gneissschichten zusammenzuhängen, und es ist wahrscheinlich, dass die beiden Becken, welche dadurch von einander getrennt sind, in der That nur einer und derselben Mulde angehören.

§. 394. Die Hauptmasse des Gesteines wird von Sandsteinen gebildet, deren Kern im Allgemeinen um so feiner ist, je näher dem Gneisse er sich findet. Die unterste Schicht, die unmittelbar auf dem Gneisse ruht, wird von groben Puddingen gebildet, die aus Fragmenten des Gneisses und der primitiven Gesteine zusammengesetzt und kaum durch eine Bindemasse mit einander verbunden sind. Es sind dies dieselben Grundconglomerate, welche in den meisten Binnenmulden an der Basis vorkommen und neben den später erfolgten Einknickungen der Schichten einen Beweis von der Gewalt der Erscheinungen liefern, welche die Kohlenperiode einleiteten und endeten. Weiter nach oben geht der Pudding in gleichförmigen, etwas grobkörnigen Sandstein über, der sehr fest ist, mächtige Schichten bildet und allgemein als Baustein benutzt wird. Die Kohlenschichten wechseln meist mit diesen Sandsteinen ab; sie sind kaum durch dünne Lager von weichen Schiefern davon getrennt, und im Allgemeinen sind schiefrige Gesteine in dem Becken sehr selten, während an anderen Orten sie zu den gewöhnlichen Erscheinungen gehören und im Gegentheile den Sandstein verdrängen.

Die Mächtigkeit der Mulde im Ganzen scheint etwa 750 Meter zu betragen. Die Zahl der Kohlenschichten, die im Ganzen darin sich finden, anzugeben, ist äusserst schwierig, da die mannigfachsten Spalten und Verwerfungen die ursprüngliche Richtung der Schichten nach allen Seiten hin gestört haben. Im Allgemeinen aber sind die Schichten muldenförmig gebogen und fallen von allen Seiten zuweilen unter sehr beträchtlichen Winkeln nach der Mitte der Mulde hin ein. Im Süden des Beckens erheben sich die Schichten weit steiler, als im Norden. Die mächtigste Kohlenschicht, welche sich in dem Becken findet, hat $3^1/_2$ Meter Dicke. Im Allgemeinen hält es schwer, die Dicke der einzelnen Schichten zu bestimmen, da die mannigfaltigsten Wechsel in dieser Beziehung vorkommen. Man findet oft, dass die Schicht plötzlich an einer Stelle anschwillt, an anderen wieder durch Zusammendrückung abnimmt oder auch gänzlich aufhört und einer Fortsetzung von Schieferthon Platz macht. An einigen Stellen des

Beckens, wie in der Grube von Treuil und von Cros, finden sich Schichten und Lager von nierenförmigen Eisenerzen, die zwischen der Steinkohle und den Sandsteinen eingelagert sind.

Die übrigen Binnenmulden Frankreichs sind weniger bedeutend; sie finden sich meist in der Umgebung des granitischen Centralplateaus oder aber im Inneren desselben auf einer Linie, welche, beinahe von Nord nach Süd gehend, das Centralplateau mitten durchschneidet. Alle die Binnenmulden theilen die Charaktere der hier beschriebenen insofern, als sie beschränkte, seitlich zusammengedrückte Becken darstellen, deren untere Schichten von Conglomeraten gebildet sind, in deren Zusammensetzung Fragmente der unterliegenden primitiven Gesteine eingehen. Ueberall fehlt die Entwickelung der dem Kohlensysteme untergeordneten Systeme. Die Einreihung dieser kleinen Becken in einer fast geraden Linie scheint darauf hinzudeuten, dass hier vielleicht ein bedeutendes längliches Becken bestand, von dem nur diejenigen Stücke zurückblieben, welche bei der Hebung des Centralkernes von Frankreich gleichsam in den Falten, welche die Hebung bedingte, eingeklemmt wurden. §. 395.

Böhmen ist, nächst Belgien, das an Kohlenniederlagen reichste Land des Continentes, und es ist nur zu bedauern, dass die noch mangelhaften Communicationen eine so bedeutende Ausbeutung, als der Reichthum der Kohlenbergwerke verdiente, darniederhalten. Die böhmischen Kohlen gehören theils dem niederschlesischen Gebirge, theils einem eigenen mehr im Centrum des Landes gelegenen Becken an. Ihre Zusammensetzung weicht nicht von der beschriebenen ab. §. 396.

Eine besondere Erwähnung verdienen noch die Verhältnisse der Steinkohlenformation in den Alpen, wo man sie von der Maurienne und der Tarentaise her, von der Gruppe der Oisans an den Ufern der Durance und der Romanche durch die Gruppen der Rousses, der Westalpen in die Mittelzone der Ostalpen verfolgen kann. Es besteht die Formation aus schwarzen, oft rauhen Thonschiefern, schwarzen, mit weissem Glimmer gesprengten schiefrigen Sandsteinen und Conglomeraten, die Nester, Streifen und Schichten reineren Anthracites einschliessen, der an vielen Orten ausgebeutet wird und die umgebenden Schichten schwarz färbt. Die Thonschiefer, welche diese alpinische Anthracitformation einschliessen, enthalten eine Menge oft sehr wohl erhaltener Pflanzenabdrücke, welche nur zum geringsten Theile eigenthümlich sind, sonst aber alle auch in anderen Steinkohlengebilden gefunden worden sind. In der Tarentaise bei Petit Coeur und dem Col des Encombres zeigt sich, unmittelbar dem Talkschiefer aufgelagert und mit diesem in übereinstimmender Lagerung, zuerst eine untere Anthracitzone aus schwarzen Schiefern, Dachschiefern und Sandsteinen mit Anthracitnestern und Pflanzenabdrücken. Auf dieser, etwa 30 Meter mächtigen Zone, und mit ihr in übereinstimmender Lagerung (die §. 397.

Schichten stehen fast senkrecht — sie fallen mit 70° gegen Süd, 70° Ost) liegen thonige, schwarze Kalkschiefer, die höchst merkwürdiger Weise Belemniten, Stielstücke von Pentacrinus und Ammoniten enthalten, welche unzweifelhaft dem Lias angehören. Auf diese Liasschiefer folgt wieder in gleicher Lagerung eine obere Anthracitzone und auf diese wieder Liasschiefer, so dass in einem Abstande weniger Klafter ein doppelter Wechsel von Liasschiefer und Kohlenschiefer stattfindet. Die obere Anthracitzone ist weit mächtiger, als die untere, hat meistens an ihrer Basis ein talkiges, grünes Conglomerat mit Quarziten, das Verrucano genannt wird, lässt sich weit durch die ganze Tarentaise verfolgen und wird besonders bei Peychagnard schwunghaft ausgebeutet.

Die untere Anthracitzone setzt von Petit Coeur über Beaufort und Meyève durch das Thal der Arve über Servoz zu beiden Seiten der Aiguilles rouges gegen die Rhone hin fort und verschwindet am Fusse der Dent de Morcles unter dem alpinischen Jura. Sie ist namentlich auf dem Gipfel der Aiguilles rouges selbst, am Col de Balme, am Trient und auf Foully-Alp mächtig entwickelt.

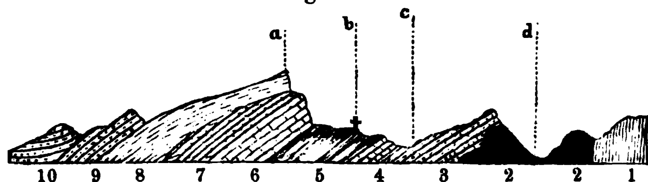
Die obere Anthracitzone streift durch das Aostathal, über St. Maurice und Sitten, durch die Thäler von Bagne, Erin, Anniviers und Hermence, zeigt sich in Spuren nach langer Unterbrechung bei Engelberg am Tödi und Bifertengrat und tritt dann wieder auf der Stangalp zwischen Kärnthen, Salzburg und Steiermark hervor.

§. 398. Merkwürdig ist überall auf dieser weiten Erstreckung die Verbindung beider Zonen, die übrigens dieselben Kohlenpflanzen enthalten, mit Liasschiefern, die so sehr in ihrer Lagerung übereinstimmen, dass E. de Beaumont, Fournet, Gras, Murchison und Andere namentlich auf die Verhältnisse in der Tarentaise und besonders bei Petit Coeur gestützt, unbedingt behaupteten, die Ablagerung dieser Schiefer sei gleichalterig mit dem Lias. In der That kann man keine andere Ansicht aufstellen, wenn man nur die Verhältnisse von Petit Coeur ins Auge fasst. Man glaubte deshalb annehmen zu müssen, dass die Flora der Kohlenzeit sich in den Alpen bis zur Lias-Epoche forterhalten habe, dass somit gleichsam eine Insel mit Wäldern der Steinkohlenperiode in diesem Striche durch die ganze Zeit der Ablagerung des permischen Systemes und der Trias fortvegetirt habe und dass dann das Liasmeer mit seinen eigenthümlichen Bewohnern über diese Insel hereingebrochen sei.

Vergleicht man indessen die Lagerung an anderen Orten, so tritt zwar fast überall der Umstand uns entgegen, dass der Lias zwar diesen Anthracitschiefern unmittelbar aufliegt, somit die Zwischenformationen des permischen Systemes und der Trias fehlen, dass aber in vielen Gegenden offenbar eine abweichende Schichtung zwischen beiden Gebilden beobachtet wird. Dies ist schon der Fall ganz in der Nähe

von Petit Coeur bei Bons, Dauphin und Bourg l'Oisans, wo überall die Anthracitzone zwischen fast senkrechten Schichten von Gneiss ebenfalls mit senkrechter Schichtung eingeklemmt erscheint und die Liasschiefer horizontal auf den Köpfen dieser Schichten aufliegen, und ebenso deutlich ist es bei Peychagnard in der Nähe von la Mure, wie das beifolgende Profil lehrt, in welchem man die nach West einfallenden Lias-

Fig. 171.



Durchschnitt der Westalpen bei La Mure.
a Vercors. *b* Gresse. *c* Drac. *d* La Mure.
1 Gneiss. 2 Anthracitschiefer. 3 Liasschiefer. 4 Unter-Oolith. 5 Oxfordschiefer. 6 Coralrag. 7 Néocomien. 8 Rudistenkalk. 9 Gault. 10 Molasse.

schiefer, die *Gryphaea cymbium* enthalten, unmittelbar auf den senkrecht stehenden Anthracitschiefern in discordanter Lagerung aufruhen sieht.

Es geht schon aus diesen Lagerungsverhältnissen unzweifelhaft hervor, dass in der That die Anthracitbildung von den Liasschiefern gänzlich getrennt werden muss, und dass beide durchaus verschiedenen geologischen Epochen angehören, indem nach dem Absatze der Anthracitschichten eine Lagerungsänderung eintrat, so dass die Liasschichten sich auf den gehobenen Anthracitschiefern ablagerten. Die Lagerung von Petit Coeur ist demnach eine jener bizarren Anomalien, die, wie wir später sehen werden, in den Alpen so oft vorkommen, und wahrscheinlich durch Einknickung der Schichten zu erklären.

Die erste Frage, welche sich bei der Betrachtung der ungeheuren §. 399.
Menge des in den Steinkohlenschichten enthaltenen Brennstoffes unwillkürlich dem Geiste darbietet, ist diejenige nach der Entstehung dieser Kohlenmassen. Der unbefangene Beobachter wird ohne Zweifel hier sogleich an Pflanzen denken, die auf eigenthümliche Weise verändert wurden; die erste Ansicht scheint diesen Schluss zu bestätigen. Manche Kohlenminen gleichen wahren Wäldern, so reichlich gehäuft sind die Blatteindrücke, die Stämme und Aeste, welche in den Sandsteinen und Thonschiefern erhalten sind. Jeder Block, der aus den Gesteinsmassen solcher Minen gelöst wird, zeigt die Spuren einer reichen, untergegangenen Vegetation, und namentlich sieht man diese Erhaltung in Form ganzer Pflanzen am besten in denjenigen Schichten, welche keine Kohlen enthalten. Ueberhaupt findet man die fossilen Pflanzen des Steinkohlengebirges in dreierlei verschiedenen Gestalten und zwar:

1) Als Abdrücke von Blättern, Aesten, Früchten und plattgedrückten Stämmen in den verschiedenen Thonschieferarten. Aller Wahrscheinlichkeit nach sind diese Schieferthone in Form eines feinen Schlammes abgesetzt worden, welcher die Blätter und Zweige umhüllte, ihre Erhabenheiten und Vertiefungen abgoss und beim Erhärten behielt, so dass man an den meisten Exemplaren, besonders da, wo der Schieferletten sehr feines Korn besitzt, die Nerven der Blätter, ihre Vertheilung und maschenförmige Endigung auf das Zierlichste erhalten sieht. An den Stämmen sind ebenso die Blatteindrücke vollkommen erhalten und die Rinde meist in ein dünnes Blättchen von Kohle verwandelt, welches leicht abfällt und dann die innere Fläche des Blattansatzes sehen lässt. Zur specifischen Bestimmung der Pflanzen sind die Thonabdrücke vor Allem geeignet, da sie alle feinen Einzelheiten der Structur, wodurch sich die einzelnen Arten unterscheiden, deutlich sehen lassen.

2) In verkieseltem Zustande in den Sandsteinen. Meist ist dies der Fall mit den Stämmen, die in den Sandsteinschichten gefunden werden, und deren fester peripherischer Theil in kieselige Masse umgewandelt ist, während das innere fleischige Mark, welches die meisten dieser Stämme besassen, durch Sandstein ersetzt und die Rinde in ein dünnes, leicht abfallendes Kohlenblättchen verwandelt ist. Blätterabdrücke finden sich nur selten wohlerhalten in Sandsteinen, da die Körner desselben zur Aufnahme des feinen Reliefs nicht geeignet waren, und auch, wie es scheint, die Zersetzung der vegetabilischen Substanz im Sandsteine leichter geschah, als in der Schieferthonmasse. Die aus dem Kohlensandsteine erhaltenen Exemplare fossiler Pflanzen sind daher weniger geeignet zur specifischen Bestimmung, bieten aber oft einen besseren Ueberblick der Organisation einer Pflanze im Grossen, da die Stämme nur wenig zusammengedrückt und meist im aufrechten Zustande erhalten sind. Ebenso sind auch meist die Einzelheiten der mikroskopischen Structur in solchen verkieselten Stämmen auf das Schönste erhalten. Nicht selten findet man im Inneren solcher verkieselter Stämme Versteinerungen von Muscheln, welche beweisen, dass das weiche Mark im Inneren der Stämme schon vermodert war, als die Ausfüllung mit Sandsteinmasse, wahrscheinlich durch Ueberschwemmung und Untertauchung der vermoderten Stämme unter das Wasser erfolgte.

3) Als Kohle. In vielen Kohlenlagern sind die Pflanzen, welche dieselben bildeten, noch so wohl erhalten, dass man mit unbewaffnetem Auge die einzelnen Arten unterscheiden kann. Die Stämme liegen breitgequetscht aufeinander, und die Kohle bildet dann nicht nur einzelne Bruchstücke, sondern fusslange, breitgedrückte Massen, welche die Structur von nadelholzähnlichen Stämmen zeigen; meistens ist alles innere Mark aus diesen zusammengepressten Stämmen geschwunden;

an anderen Orten ist es aber noch vorhanden, und dann lassen sich unter dem Mikroskope die Zellen noch sehr wohl erkennen. In Schlesien hat Göppert je nach dem Vorherrschen der einen oder anderen Gattung von Pflanzen in den Kohlen selbst diese unterscheiden und eine gesellige Verbreitung bestimmter Arten nachweisen können, so dass man hiernach sehen konnte, wie die Vegetation verschiedener Wälder der Kohlenzeit, je nach verschiedenen Epochen oder Localitäten verändert war. Es kann demnach keinem Zweifel unterliegen, dass die Steinkohle wirklich von Vegetabilien herrührt, zumal da in solchen thonigen Schieferlagen, die in der Mitte schiefriger Steinkohlenflötze sich finden, man stets neben den Stämmen eine Menge von Abdrücken der Blätter und Früchte findet.

Man hat verschiedene Versuche gemacht, um auf chemischem Wege die Bildung der Steinkohle aus Vegetabilien oder Holz nachzumachen oder ihre Entstehung aufzuklären. Man hat versucht, Steinkohle künstlich zu erzeugen, indem man Holz in geschlossenen Gefässen bei starker Hitze verkohlte. Die Gase und flüchtigen Destillationsproducte, welche bei dem Brennen des Holzes die Flamme bilden, wurden bei dieser Operation in den Gefässen zurückgehalten, und man erhielt, wie diejenigen, die solche Versuche anstellten, versichern, in der That eine compacte schwarze Masse, welches der Steinkohle in ihrem äusseren Verhalten ähnlich war. Leider wurden diese Versuche nicht von gehörigen Analysen begleitet und überhaupt nicht in solcher Weise wissenschaftlich gehalten, dass sie genauere Schlüsse gestatteten. §. 400.

Andere versuchten die Bildung von Steinkohle auf nassem Wege. Wenn man Vegetabilien längere Zeit, z. B. ein Jahr lang und darüber, beständig in kochendem Wasser erhält, so werden sie in Braunkohle verwandelt, und wenn man eine geringe Menge schwefelsauren Eisens zu dem Wasser setzt, so erlangen die Pflanzentheile endlich eine vollkommen schwarze, steinkohlenartige Beschaffenheit. Dass aber Eisensalze bei der Bildung der Steinkohle wenigstens eine accessorische Rolle spielten, scheint aus der Häufigkeit der Eisennierenlager bei den Steinkohlenschichten hervorzugehen.

In den niederen feuchten Tropenwäldern Südamerikas beobachtet man Vorgänge, welche bei der Steinkohlenbildung sich einigermaassen wiederholt zu haben scheinen. Wenige Monate reichen hin, umgefallene Stämme von Laubholzbäumen dergestalt zu zerstören, dass nur die Rinde übrig bleibt und der ganze Stamm eine hohle mit verwittertem Marke ausgefüllte Röhre darstellt, die sehr leicht ausgewaschen und zusammengedrückt wird. In den Sandsteinen der Kohlenformation findet man nun ähnliche Stämme, deren Mark gänzlich zerstört ist, während ihre Rinde eine hohle Röhre darstellt, die selbst wieder mit Sandmasse ausgefüllt ist. Bemerkenswerth ist dabei, dass diese Art der Veränderung nur an wirklichen Holzpflanzen, nicht aber an Pal-

men und ähnlichen Stämmen in der Jetztwelt vorkommt, woraus allerdings geschlossen werden könnte, dass die am häufigsten vorkommenden Stämme der Steinkohle wirklich wenigstens Nadelhölzer waren, die im Verhalten ihrer Holzringe den gewöhnlichen Laubholzbäumen nahe kommen.

§. 401. Verfolgt man die Umwandlung des Holzes auf chemischem Wege in der Art, dass man die verschiedenen fossilen Brennstoffe mit den Zersetzungsproducten des Holzes vergleicht, so ergeben sich hieraus manche nicht unwichtige Schlüsse auf die Entstehung der Steinkohlen selbst. In verschlossenen Gefässen zersetzen sich befeuchtetete Holzspähne unter Entwickelung von kohlensaurem Gase zu einer morschen zerreiblichen Materie von weisser Farbe, welche ganz dem sogenannten Leuchtholze gleicht, das unter ähnlichen Umständen im Inneren abgestorbener Holzstämme sich bildet. Die Analyse dieser Masse ergiebt, dass das Holz Kohlenstoff verloren, dagegen Wasser aufgenommen hat. Eine andere Weise der Zersetzung zeigt sich bei der Umwandlung in Braunkohle, wobei nicht nur Kohlensäure auf Kosten des Kohlenstoffes, sondern auch Wasser auf Kosten des Wasserstoffes des Holzes sich gebildet hat, mithin eine wahre Verbrennung eingetreten ist. Indess betrifft diese Verbrennung mehr den Kohlenstoff als den Wasserstoff, so dass die Braunkohlen im Verhältnisse mehr Wasserstoff enthalten, als das ursprüngliche Holz.

Untersucht man nun die Gase, welche in Braunkohlenwerken sich entwickeln, so findet man, dass dieselben hauptsächlich aus Kohlensäure zusammengesetzt sind, was darauf hinweist, dass dort eine beständige langsame Verbrennung stattfindet. In den Steinkohlenbergwerken dagegen entwickeln sich hauptsächlich brennbare Gase, Kohlenwasserstoff u. s. w., wodurch denn die Steinkohle nach und nach in Anthracit übergeführt wird.

§. 402. Mit diesen Ergebnissen stimmen andere Untersuchungen, in mehr mineralogischer Beziehung unternommen, überein. Wir sehen an den fossilen Brennstoffen eine stets fortschreitende graduelle Veränderung, je tiefer wir in die Schichten der Erde eindringen; der Torf, der sich noch täglich unter unseren Augen auf der Erdoberfläche bildet, die Braunkohle der tertiären Ablagerungen, die einzelnen geringen Kohlenanhäufungen in den secundären Schichten, die eigentliche Steinkohle und der Anthracit der älteren Formationen bieten eine ununterbrochene Reihe von Uebergängen, in welchen die vegetabilische Structur allmälig mehr und mehr verschwindet, die ganze Masse fester, gediegener, kohliger wird, und die bituminösen Wasserstoff enthaltenden Verbindungen, nachdem sie sich bis auf einen gewissen Grad entwickelt haben, wieder zurücksinken und allmälig ganz schwinden. Bedeutenden Einfluss üben noch auf diese Metamorphose die Durchbrüche plutonischer Substanzen aus, in deren Nähe, wahrscheinlich durch den Einfluss

der Hitze und des Druckes, die bituminösen Substanzen ebenfalls mehr und mehr verschwinden und endlich statt fetter Steinkohle nur noch förmliche Cokes oder Anthracite übrig bleiben. Der Einfluss plutonischer Massen kann übrigens diese Umwandlung, welche sonst nur durch die Zeit hervorgebracht wird, beschleunigen. So hat man in Amerika überall beobachtet, dass die Steinkohlen derselben Schicht in der Nähe der Hebungs- und Verwerfungslinien in Anthraçit übergehen, und gleiche Umwandlungen zeigen sich sogar in den Braunkohlengebirgen in der Nähe vieler basaltischer Durchbrüche.

Man kann die verhältnissmässige Menge der bituminösen Stoffe in diesen fossilen Brennmaterialien in der Art darstellen, dass man das Verhältniss von Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff zu einander bestimmt, welches in dem brennbaren Theile nach Abzug der Asche sich darstellt. Es zeigt sich dann nach den Analysen von Regnault, dass, je weiter die Umwandlung vorgeschritten ist, desto mehr auch die Menge des Wasserstoffs abnimmt.

Untersuchter Stoff.	Verhältniss des Wasserstoffs	zum Sauerstoff,	Kohlenstoff
Anthracit des Kohlensystems in Pennsylvanien in der Nähe der Alleghanies	329	20	1000
Anthracit des devon. Systems in Mayenne	522	26	—
„ „ „ „ in Rolduc .	560	17	—
Fette harte Steinkohle von Alais	660	38	—
Fette Hauptkohle (*houille maréchale*) von Grand-Croix	678	51	—
Fette harte Steinkohle von Rive de Gier .	684	37	—
Fette Hauptkohle von Rive de Gier . . .	719	49	—
„ „ „ Newcastle	729	47	—
Steinkohle mit langer Flamme v. Rive de Gier	748	75	—
„ „ „ „ „ Mons . .	765	72	—
„ „ „ „ „ Epinal . .	769	106	—
„ „ „ „ „ Mons . .	782	64	—
„ „ „ „ „ Commentry	783	117	—
„ „ „ „ „ Rive de Gier	786	85	—
„ „ „ „ „ Laraysse .	787	70	—
„ „ „ „ „ Rive de Gier	808	59	—
„ „ „ „ „ „ „ „	830	84	—
„ „ „ „ „ Lancashire .	834	74	—
Steinkohle von Noroy in den Vogesen (aus dem Keuper)	841	159	—

Untersuchter Stoff.	Verhältniss des Wasserstoffs	zum Sauerstoff,	Kohlenstoff.
Steinkohle von St. Girons (Kreide) . . .	916	184	1000
„ „ Belestat (Kreide)	941	182	—
Braunkohle aus den Tertiärgebilden:			
vom Meissner in Hessen, nahe bei Basaltdurchbrüchen	827	231	—
aus dem Depart. der Rhonemündungen	878	217	—
„ „ „ „ niederen Alpen .	910	238	—
von Dax	970	207	—
Unvollkommene Braunkohlen von Cöln . .	964	318	—
„ „ „ „ „ Griechenl.	1000	309	—
„ „ „ „ „ Uznach (Schweiz)	1247	492	—

§. 403. Aus allen diesen Thatsachen scheint hervorzugehen, dass die Umwandlung der vegetabilischen Stoffe, aus welchen die Steinkohle sich bildete, wesentlich durch einen langsamen Verbrennungsprocess bedingt ist, welcher unter theilweisem Abschlusse der Luft und unter einer beträchtlichen Compression, wodurch die Zersetzungsgase in der Masse zurückgehalten wurden, vor sich ging. Das Klima der Kohlenzeit war, nach allen Thatsachen, welche wir besitzen, demjenigen des Aequators und der Tropen ähnlich, was zwar eine ungemeine Entwickelung einer üppigen Vagetation begünstigt, anderentheils aber die Zersetzung auch in solcher Weise befördert, dass jetzt in den Tropengegenden dennoch die pflanzlichen Ablagerungen nur unbedeutend sind. Ferner scheinen die Gewächse jener Zeiten grossentheils nicht aus wahren Holzbäumen, sondern aus baumartigen Farrenkräutern und solchen, zwischen Farren und Nadelhölzern stehenden Holzbäumen, wie Sigillarien und Lepidodendren bestanden zu haben, deren Holzsubstanz nur äusserst gering im Verhältniss zu ihrem Volumen ist, und deren Umsetzung ganz gewiss besondere Verhältnisse darbot, welche durch die Untersuchung der Umsetzung unserer gewöhnlichen Hölzer nicht ganz gelöst werden können.

§. 404. Man hat angenommen, dass die Kohlenbecken, welche man vereinzelt und abgesondert trifft, und die wir unter dem Namen der Binnenmulden bezeichnet haben, ihren Ursprung grossen Holzflössen verdankten, welche vielleicht von fernen Gegenden kamen und sich in Baien und Buchten absetzten, so wie dies heut zu Tage noch an vielen Orten mit dem Treibholze geschieht. In der That ist es bekannt, dass

die grösseren Flüsse, namentlich der südlicheren Continente, welche durch weite Strecken von Urwäldern fliessen, eine grosse Quantität von Treibholz mit sich flössen, das von den Meeresströmungen fortgeführt wird und sich in grossen Massen an den nordischen Küsten ansammelt, wo es die hauptsächlichste Fundgrube für Brennmaterial bietet. Auf den ersten Blick scheint dies Phänomen eine hinlängliche Erklärung der Binnenmulden geben zu können; man könnte in der That annehmen, dass die dort angehäufte Steinkohle nicht durch Vegetation auf dem Platze, sondern durch angeschwemmtes Treibholz entstanden sei, und dass in jenen Zeiten, wo ohne Zweifel eine noch weit mächtigere Vegetation vorhanden war, als jetzt in den Tropengegenden, auch verhältnissmässig weit grössere Treibholzansammlungen sich bilden konnten. Betrachtet man aber die Sache näher, so ergiebt sich eine solche Annahme als durchaus unwahrscheinlich, und die Berechnungen E. de Beaumont's scheinen keinen Zweifel mehr übrig zu lassen über die Thatsache, dass man wirklich andauernder Vegetation diese Anhäufung zuschreiben müsse, etwa so wie die Torfablagerungen noch heute sich täglich durch Wachsen vermehren.

Das specifische Gewicht der Steinkohle beträgt im Mittel 1,30; §. 405.
dasjenige des gewöhnlichen Brennholzes im Durchschnitte 0,70. Wenn demnach ein gegebenes Gewicht Brennholz bis zu Steinkohle verdichtet würde, so würden 130 Holz nur 70 Pfund Steinkohle geben, oder 1 Theil Holz würde ergeben 0,5385 Steinkohle.

Die Steinkohle enthält im Mittel, nach Regnault's Analyse, 85 Procent Kohlenstoff; das grüne Brennholz enthält nur 36 Procent Kohlenstoff; ein gegebenes Gewicht Holz, das ohne Kohlenstoffverlust in Steinkohle verwandelt würde; müsste demnach im Verhältniss von 1 : $\frac{36}{85}$ oder 1 : 0,4235 reducirt werden.

Eine Schicht Holz ohne Zwischenräume, die man in Steinkohle verwandeln wollte, würde demnach im Verhältniss von 1 : 0,5385 $\times$ 0,4235 abnehmen, mithin nur 0,2280 Steinkohle geben.

Es hält schwer, den Holzgehalt eines Waldes im Mittel zu bestimmen. In den Ardennen liefert eine Hectare Stangenwald, der 25 Jahre alt ist, im Durchschnitte 180 Klafter (*Stères*) Holz, wenn er gänzlich abgehauen wird. Das Gewicht eines jeden Klafters ist im Durchschnittte 530 Kilogramme. Eine Hectare Wald wiegt also 59400 Kilogramme und würde, bei einem mittleren specifischen Gewichte von 0,70 im Ganzen 84,86 Cubikmeter Holz geben, was, auf der ganzen Oberfläche der Hectare ausgebreitet, eine ununterbrochene Schicht ohne Zwischenräume von 0,^{m}008486 Mächtigkeit geben würde.

Nach den oben angeführten Grundzahlen würde diese Schicht Holz einer Steinkohlenschicht von 0,008486 $\times$ 0,2280 = 0,001935 Meter gleich sein, oder in ungefähren Resultaten ausgedrückt: Ein

Stangenwald von 25 Jahren würde eine Schicht von etwa 2 Millimetern Steinkohle geben.

Ein Hochwald enthält höchstens dreimal mehr Holz, als ein wohlbesetzter Stangenwald von 25 Jahren, und man kann deshalb füglich annehmen, dass ein Hochwald eine Steinkohlenschicht von 6 Millimetern vorstelle, und der dickste Hochwald würde schwerlich einer Steinkohlenschicht von gleichem Flächeninhalte und einem Centimeter (zehn Millimeter) Mächtigkeit gleichkommen.

Die Oberfläche der Steinkohlenbecken in Frankreich beträgt $^1/_{214}$ der Oberfläche des ganzen Königreiches. Ein Hochwald, der sich über ganz Frankreich erstreckte, würde nicht so viel Kohlenstoff enthalten, als eine einzige Schicht von 2 Metern Mächtigkeit, die sich durch alle Kohlenbecken erstreckte.

Die in den Kohlenbecken niedergelegte Menge vegetabilischen Stoffes ist demnach ungeheuer, um so ungeheurer, als es unbestreitbar Schichten giebt, die eine Mächtigkeit von mehren Metern haben; ja im Becken des Aveyron eine solche von 30 Metern existirt.

§. 406. Wendet man nun diese Resultate der Berechnung auf die Annahme an, dass diese Anhäufungen Treibholzanschwemmungen seien, so ist offenbar vor allen Dingen der Umstand festzuhalten, dass jede Schicht nothwendig nur von einem einzigen Floss herrühren kann, da bei Aufhäufung von mehren Flossen nothwendig Lehm- oder Sandschichten zwischen den einzelnen Flössen vorkommen und demnach auch in den Steinkohlenschichten die einzelnen Lager durch solche Streifen unterschieden sein müssten. Hält man diesen Punkt fest, so ergeben sich folgende Resultate.

Klafterholz, das in gleich lange Stücke gesägt und in Klaftern aufgeschichtet ist, bietet stets sehr zahlreiche Zwischenräume dar, die man auf $^{38}/_{128}$ schätzt; bei Zweigholz, Bündeln und Aesten ist die Menge der Zwischenräume noch weit grösser, und man kann ohne Uebertreibung annehmen, dass in einem natürlichen, aus ganzen Bäumen bestehenden Flosse, dass man nicht künstlich hat ordnen können, mehr als die Hälfte leere Zwischenräume seien. Ein solches Floss würde demnach, auf eine Steinkohlenschicht reducirt, $^1/_2 \times 0{,}2280$ oder 0,1140 Steinkohle geben, das heisst, eine Schicht, die noch nicht einmal ein Achtel der Dicke des Flosses haben würde.

Eine Steinkohlenschicht von einem Meter Mächtigkeit würde demnach ein Floss von 8,76 Meter Höhe verlangen; die grosse Schicht von 30 Meter Mächtigkeit im Aveyronbecken setzt ein Floss von 263 Meter Höhe voraus. Rechnet man nun noch hinzu, dass die Steinkohle von Pflanzen herkommt, deren Stämme meist nur eine mehr oder minder dicke Rindenschicht und ein laxes, hohles Innere darboten, so müsste man vielleicht noch die Flösse um das Doppelte oder Dreifache grösser anschlagen. Ist es aber möglich, sich ein Floss von 788 Meter Höhe zu denken?

Es geht aus den vorstehenden Berechnungen hervor, dass die einzig vernünftige Annahme, welche über die Anhäufung der Steinkohle gemacht werden kann, die ist, dass die Pflanzen, welche sie bildeten, auf dem Platze selbst wuchsen. An sich hat diese Ansicht nur die ungemein langen Zeiträume von Jahren gegen sich, die sie nothwendiger Weise voraussetzt. Wenn ein Wald jährlich eine Schicht von 1 Millimeter Steinkohle producirte, so würden demnach für eine Schicht von 1 Meter, die gar nicht selten sind, eine ruhige Existenz von 1000 Jahren, für eine von 30 Meter eine solche von 30000 Jahren erfordert werden. Zur Bildung der verschiedenen Reihenfolgen von Schichten, die wir in dem Kohlengebirge treffen, Millionen von Jahren zu fordern, würde demnach nicht zu viel sein. Man muss indess bedenken, dass die Grundzahlen, auf welche die Berechnungen gebaut wurden, unserem Klima entnommen sind, und dass bei einer ungemein üppigen Vegetation, wie sie nothwendig zur Kohlenzeit herrschen musste, die Production von Kohlenstoff auf Kosten der in der atmosphärischen Luft verbreiteten Kohlensäure weit bedeutender sein musste.

Ein wesentlicher Einwurf gegen die Theorie der Flösse, die zu Gunsten der hier angenommenen spricht, beruht in der Häufigkeit fossiler Stämme, die senkrecht auf den Schichtenflächen stehen und oft sogar in einer kleinen Lage von Schieferthon wurzeln, während die verkiesten Stämme selbst in den Sandsteinschichten erhalten sind und meist eine dünne Rinde von Kohle zeigen. Die Kohlenmine von Treuil in dem Becken von St. Etienne bietet ein überraschendes Beispiel solcher aufrecht stehender fossiler Baumstämme dar, Fig. 172. Die mei- §. 407.

Fig. 172.



Kohlenmine Treuil bei St. Etienne mit aufrecht stehenden fossilen Baumstämmen.
a Sandstein. *b* Eisennierenlager. *c* Schieferthon. *d* Steinkohle.

sten derselben setzen sich durch mehre Schichten hindurch fort, ein Beweis, dass der Absatz der sandigen Massen während der Vegetation der Bäume fortdauerte. In den Kohlenminen von Hainichen in Sachsen, von Mons im belgischen Kohlenbecken, sowie in den Steinkohlengebilden von England, hat man zahlreiche ähnliche Beispiele beobachtet, die keinen Zweifel an der Allgemeinheit der Erscheinung zulassen und beweisen, dass die Stämme da vegetirten, wo sie jetzt fossil gefunden werden.

§. 408. Untersucht man nun, um sich einen Begriff von den Bedingungen dieser Vegetation zu machen, die Verhältnisse unter den Tropen, wo eine den Steinkohlen ähnliche Flora vorkommt, so dürfte sich etwa Folgendes ergeben.

Die baumartigen Farrenkräuter finden sich, vereinigt mit jener luxuriösen Entwickelung der niederen Farren in den Hochwäldern hauptsächlich auf den Inseln oder auf den Continenten am Fusse der Gebirge und in den niedrigen Hügelzonen, wo eine gleichmässige Temperatur, grosse Feuchtigkeit des Bodens und der Atmosphäre sich vereinigt finden. Die atmosphärischen Niederschläge, Nebel und Regen sind dort weit häufiger, als in den Ebenen, wo nur die Regenzeit plötzlich nach langer Trockenheit Aenderung bringt. Die Farren lieben aber im Allgemeinen Beständigkeit in der Temperatur, in der Feuchtigkeit und gedeihen deshalb auch noch auf Inseln ausser der Tropenzone, wenn diese Bedingungen sich vorfinden. Sie wuchern dann im Schatten höherer Bäume, Palmen, Araucarien und Laubbäume so üppig, dass der ganze Boden des Hochwaldes hoch bedeckt ist und man sich mit der Axt Wege bahnen muss. In diesen feuchten, dunklen, schattigen Wäldern, in welchen der heftigste Regen nicht auf den Boden zu dringen vermag, findet sich stets eine bedeutende Schicht schwarzen, moorigen Erdreiches von bedeutender Mächtigkeit, die fast nur aus Wurzeln, Blättern und vermodernden Pflanzentheilen, mit Thon gemengt, besteht und namentlich in ihren oberen Schichten nur solche vermodernde Pflanzentheile zeigt.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass diese Verhältnisse, die wir noch jetzt in den Tropen finden, ganz denen der Steinkohle entsprechen, nur vielleicht mit dem Unterschiede, dass der Boden noch morastiger und selbst schlammig war, ähnlich vielen Rohrdickichten oder den aus Ostindien bekannten Jungles. Die *Stigmaria ficoides*, welche stets im Thonschiefer vorkommt, der den Steinkohlen zur Unterlage dient (im *under-clay* der englischen Bergleute), deutet auf solchen morastigen Boden hin, auf welchem die Sigillarien und Lepidodendren wie Bambusrohr in die Höhe schossen, während näher am Boden die niedrigeren Farrenkräuter wucherten, welche ihre Abdrücke in den Thonschiefern hinterliessen.

Wie lässt sich aber, wenn dies wirklich die Vegetation der Kohlenzeit war, jene ungeheure Mächtigkeit erklären, welche das Steinkohlensystem noch über den Flötzen an vielen Orten besitzt? Wie konnten über den Steinkohlenschichten Sandsteine, dann wieder Kohlenschichten mit Thonschiefern und nach häufigem Wechsel dieser Flötze, deren jedes einen an freier Luft vegetirenden Wald dieser Art voraussetzt, sich noch Schichten von mehren tausend Metern Mächtigkeit absetzen, wie wir dies in englischen und nordamerikanischen Becken sehen? §. 409.

Offenbar fanden häufige Senkungen und Hebungen des Bodens statt, durch welche die weiten Kohlenwälder bald ersäuft und mit Sand und anderen Ablagerungen überführt wurden, bald wieder der Boden über die Wasserfläche erhoben und lange genug erhoben wurde, um ihm zu gestatten, sich aufs Neue mit Vegetation zu bedecken. Jede Kohlenschicht setzt eine solche Erhebung des Bodens, jede Sandschicht eine Untertauchung des Bodens voraus, und diese Oscillationen mussten sich so oft wiederholen, als der Wechsel der Schichten stattfindet. Zugleich aber mussten diese wiederholten Hebungen und Senkungen in solcher Weise vor sich gehen, dass an vielen Stellen die im Boden festgewurzelten Stämme in ihrer senkrechten Stellung verharren konnten und so verschüttet wurden, dass sie durch mehrfache, nach einander abgelagerte Schichten hindurch aufragen konnten. Obgleich man indess diese aufrechten Stämme jetzt noch an vielen Orten gefunden hat, so bilden sie doch immer eine Ausnahme und gewiss waren die Oscillationen des Bodens meistens von Fluthen begleitet, welche die Wälder niederrissen und die Bäume umlegten, wie man dies auch in den Braunkohlen-Ablagerungen beobachtet.

Diese Erklärungsart der häufigen Wechsel in der Steinkohlenformation zwischen Kohlen, Sandstein, Thonschiefer und Kalk scheint auf den ersten Blick etwas gezwungen und den Umständen mit Gewalt angepasst. Bedenkt man aber, dass ähnliche graduelle Senkungen und Hebungen des Bodens noch heute vorkommen, dass die unterseeischen Wälder an den Küsten Englands nur ganz neuen Zeiten angehören und kaum mehre tausend Jahre zählen, eine Zeit, die gar nicht in Betracht kommen kann gegen die langen Jahresfolgen der Steinkohlenepoche; bedenkt man, dass noch in geschichtlicher Zeit die Torfmoore Hollands und Frieslands zum Theil unter das Meer gesunken und von diesem bedeckt worden sind, so dass jetzt Sand und Lehm sich auf ihnen ablagert, so hat die Ansicht schon weniger Auffallendes. Man braucht diesen Phänomenen, die sich unter unseren Augen zutragen, nur eine grössere Intensität zuzuschreiben, verbunden mit einer unendlich längeren Zeit, und man wird das Bild der verschiedenen Wechsel der Kohlenzeit sich schaffen. Es ist aber dies um so wahrscheinlicher, als die Steinkohlenschichten zu den ersten und ältesten Formationen gehö- §. 410.

ren, mithin zu einer Zeit sich bildeten, wo die feste Erdrinde noch sehr gering und der flüssige, feurige Kern weit bedeutender war. Dass Biegungen und Verwerfungen, wellenförmige Einknickungen und daherige Veränderungen des relativen Niveaus der Wassermassen auf der Erde damals sehr häufige Erscheinungen sein mussten, lehren uns die mannigfachen Wellenbiegungen der älteren Gesteinsschichten, die häufigen Verwerfungen und Einknickungen der Kohlenlager, deren viele sicherlich, wie wir später sehen werden, unmittelbar nach ihrem Absatze sich ereignen mussten. Es hat somit die Annahme jener Schwankungen des Niveaus, welche den häufigen Wechsel der Kohlenschichten mit Thon und Sandstein zu erklären sucht, durchaus nur alle Thatsachen und vernünftigen Hypothesen für sich.

§. 411. In dem Kohlensysteme heben wir besonders folgende Versteinerungen hervor:

Calamites Suckowi, *undulatus*, *nodosus*, *cannaeformis*. Fig. 173. Ueberall.
Annularia fertilis, Fig. 174, *longifolia*.
Asterophyllum equisetiforme.
Sphenophyllum Schlotheimi, *emarginatum*, *annulatum*. Fig. 175.
Neuropteris cordata, *gigantea*, *tenuifolia*, *rotundifolia*, *ovata*, Fig. 176 u. 177, *heterophylla*, Fig. 178 u. 179.
Odontopteris minor, *Brandi*, *Schlotheimi*. Fig. 180.
Cyclopteris orbicularis.
Sphenopteris spinosa, *elegans*, *Schlotheimi*, Fig. 181, *etc.*
Pecopteris Pluckeneti, *Bioti*, *truncata*, Fig. 182, *etc.*
Protopteris Sternbergi.
Sigillaria spinulosa, *rhomboidea*, *Groeseri*, Fig. 184, *elegans*, Fig. 185 u. 186, *etc.*
Stigmaria ficoides. Fig. 187.
Lepidodendron obovatum, *caudatum*, *crenatum*, *elegans*, Fig. 189, 190, *etc.*
Fusulina cylindrica. Fig. 194. Russland; Nordamerika.
Chaetetes radians. Fig. 196, 197. Moskau.
Syringopora ramulosa. Russland; Westphalen; England.
Lithodendron (Diphyphyllum) fasciculatum. England; Belgien; Russland.
Amplexus coralloides. Belgien; England; Russland.
Poteriocrinus crassus. England; Belgien.
Platycrinus laevis triacontadactylus. Fig. 204. England; Belgien.
Actinocrinus laevis. England; Belgien; Deutschland.
Pentremites florealis, Fig. 198, *sulcatus*, Fig. 200. Nordamerika.
Palaeocidaris (Echinocrinus) rossica. Russland.
„ „ *Nerei*. Belgien; Nordamerika.
Retepora (Polypora) retiformis. Belgien; Schlesien.
Orbicula nitida. England.
Terebratula sacculus (hastata). England; Belgien; Russland.

Spirifer (*Spirigera*) *Roissyi.* Belgien; Russland; Nordamerika; Südamerika.

Spirifer (*Spirigera; Terebratula*) *ambiguus.* England; Belgien; Russland; Nordamerika.

Spirifer bisulcatus. Belgien; Rutingen; England; Nordamerika.

Spirifer Sowerbyi. Belgien; Russland.

Spirifer striatus. Belgien; Ratingen; England; Russland; Nord- und Süd-Amerika.

Orthis Michelini. Belgien; England; Irland; Spanien; Russland; Nordamerika.

Leptaena (*Strophomena*) *depressa.* Belgien; England.

„ *pecten.* Belgien; England; Irland; Schweden; Russland; Nordmaerika.

Chonetes papilionacea. Frankreich; Belgien; England; Deutschland; Russland.

Productus granulosus. England; Belgien; Russland.

„ *punctatus.* Belgien; Russland; Deutschland; England; Irland; Spanien; Nord-Amerika.

Productus Flemingi. Belgien; Deutschland; England; Irland; Russland; Spanien; Nord- und Süd-Amerika; Neuholland; Van-Diemensland.

Productus giganteus. Belgien; Russland; Bären-Insel; Schlesien; Kärnthen; England; Irland.

Posydonomia (*Inoceramus*) *vetusta.* Belgien; Ratingen; England; Irland.

Pinna flabelliformis. Belgien; England; Irland.

Area (*Cucullaea*) *arguta.* Belgien; England; Russland.

Edmondia (*Isocardia*) *unioniformis.* Belgien; England; Russland.

Cardiomorpha (*Isocardia*) *oblonga.* Belgien; England; Irland.

Conocardium (*Cardium*) *hibernicum.* Irland; England; Ratingen; Belgien.

Cardinia (*Unio*) *acuta.* Belgien; Deutschland; England.

Cypricardia rhombea. England; Belgien; Russland.

Helcion (*Patella*) *sinuosus.* England; Belgien; Irland.

Bellerophon hiulcus. Belgien; Russland; Nordamerika.

Capulus (*Pileopsis*) *vetustus.* Belgien; Ratingen; England; Irland.

Pleurotomaria gemmulifera (*radula*). Ratingen; Belgien; England.

„ *carinata.* Belgien; England; Irland.

Euomphalus Dionysii. Belgien; Frankreich; Russland; Irland; Nordamerika.

Euomphalus pentangulatus. Belgien; England; Irland; Frankreich; Ratingen; Russland; Nordamerika.

Goniatites Listeri. Belgien; Westphalen; England.

Goniatites sphaericus. Belgien; England; Irland; Herborn; Nordamerika.
Goniatites diadema. Belgien; England.
Nautilus subsulcatus. England; Belgien.
„ *tuberculatus.* England; Belgien.
Orthoceras laterale. Belgien; England.
Cypridina Edwardsiana. Belgien; England; Irland.
Cythere Phillipsiana. Belgien; England.
Phillipsia globiceps. Westphalen; Belgien; England.
„ *pustulata.* Belgien; England.
Cyclophthalmus Bucklandi. Fig. 227. Böhmen.
Bellinurus rotundus. Fig. 226. England.
Gampsonyx fimbriatus. Fig. 225. Pfalz.
Orodus cinctus. Fig. 228. England.
Cochliodus contortus. Fig. 229. England.
Cladodus marginatus. Fig. 230. England.
Acanthodes Bronni. Pfalz.
Amblypterus macropterus. Fig. 233. Pfalz.
Palaeoniscus Duvernoy. Fig. 232. Pfalz.
„ *Blainvillei.* Autun.
Megalichthys Hibberti. Fig. 234. England.
Archegosaurus Decheni. Fig. 235. Pfalz.

§. 412. Unter den Versteinerungen des Kohlengebirges zeichnen sich besonders die Pflanzen aus, welche, wie wir oben sahen, die Kohlenschichten zusammensetzen; wir haben die Betrachtung der devonischen Pflanzen, welche zum grossen Theil identisch mit denen der Kohlenperiode sind, bis hierher verschoben, um diese ganze merkwürdige Vegetation im Zusammenhange beobachten zu können.

Ausser einigen Algen, die indessen nur eine geringe Rolle spielen, sind in den Kohlenschichten hauptsächlich die Gefässpflanzen stark vertreten, Pflanzen mit Wurzeln, Stengeln und Blättern, deren Gewebe nicht mehr bloss aus Zellen, sondern zugleich aus Gefässen besteht. Diese Gefässe bilden indess keine Holzkörper, wie in den Dikotyledonen, sondern verbreiten sich unbestimmt in Stengel, steigen durch die Blattstiele auf und bilden in den Blättern mannigfach angeordnete Rippen oder Nerven, deren Vertheilung den wesentlichsten Anhaltspunkt für die Classification der Blätter bilden. Alle diese Pflanzen gehören zu den Akotyledonen oder Kryptogamen und entbehren gänzlich der Blüthe, indem die Samen oder Sporen in eigenen Behältern auf den Blättern oder in quirlförmigen Aehren zusammengedrängt sind. Wir unterscheiden hier besonders folgende Familien.

Die Schachtelhalme (Equisetaceen) der Jetztwelt sind bekanntlich krautartige Gewächse, die sich besonders auf feuchten Wiesen finden

und gerade, einfache, gegliederte Stämme zeigen, die deutliche Längsstreifen haben und aus horizontalen Wurzelstöcken aufschiessen. Auf den Gliederknoten sitzen cylindrische gleichförmige Scheiden, die den Stamm umgeben und oben tief ausgezackt sind; jeder Zahn entspricht einem Längsstreifen des Stammes. Die Stämme sind inwendig hohl, eine grosse Mittelhöhle erstreckt sich von einem Gliede ins andere. An der Basis der Scheide sitzen oft Wirbel von geraden Zweigen, die mit Ausnahme der inneren Höhle ganz so gebaut sind, wie die Stämme selbst. Die Schachtelhalme der Jetztwelt werden höchstens einen Fuss hoch und einen halben Zoll dick.

Fig. 173.



Calamites cannaeformis.
Von Waldenburg.

Zu dieser Familie der Equisetaceen gehören die Calamiten, Fig. 173, gerade, gegliederte, hohe, cylindrische Stämme ohne Aeste, welche sehr regelmässige parallele Streifen zeigen, die in den Knoten in einander greifen und mit einander abwechseln. Die Blätter waren scheideartig und bildeten einen Quirl von lanzenförmigen Spitzen im Umkreise eines jeden Gliedes, wo sie besondere Gefässknötchen zurücklassen. Scheiden um den Stamm hat man bei einigen Arten zwar gefunden, bei den meisten aber vermisst. Es giebt Calamiten von mehr als einem Fuss im Durchmesser, und die Arten kommen, von dem devonischen Systeme an, sehr häufig in allen Gliedern der paläozoischen Schichten vor.

In die Nähe der Schachtelhalme §. 413.
scheint die Familie der Asterophylliden zu gehören, welche gänzlich auf das Kohlengebirge beschränkt sind und ihrer abweichenden Form wegen häufig für Dikotyledonen gehalten wurden. Es waren kraut- oder strauchartige Pflanzen mit gegliederten und verästelten Stengeln, welche meistens feine Längsstreifen zeigen und an den Gliedern Sternwirtel von Blättern tragen, die meistens horizontal abstehen und

deshalb oft, wenn die Stengel nicht mehr vorhanden sind, sich als vielzackige Sterne darstellen, welche in der Mitte eine Art Ring besitzen, um den die Blätter geordnet sind. Die Früchte dieser Pflanzen bestehen aus Aehren, welche auf der äussersten Spitze des Stengels oder auf seitlichen Aesten stehen und aus einzelnen Schuppen zusammengesetzt sind, die gewöhnlich in Spitzen endigen.

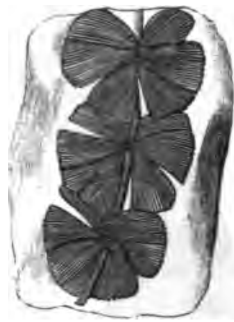
Die Gattung *Annularia*, Fig. 174, hat einfache gestreifte Stengel, schmale, lilienförmige, einnervige Blätter von ungleicher Länge, die an der Basis durch eine ringförmige Scheide vereinigt sind. Die Samen stehen in zwei Reihen unter den Schuppen der Aehre.

Fig. 174.



Annularia fertilis.

Fig. 175.



Sphenophyllum annulatum.

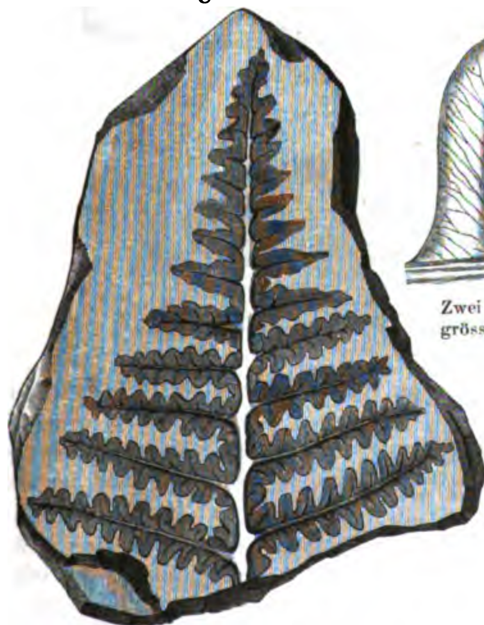
Die Gattung *Sphenophyllum*, Fig. 175, hat einfache oder ästige Stengel und keilförmige Blätter mit parallelen Nerven, deren Spitze dem Stamme zugekehrt ist, so dass ein jeder Quirl eine am Aussenrande feingesägte Scheibe um den Rand darstellt. Von beiden Gattungen kommen viele Arten in dem Steinkohlengebirge vor.

§. 414. Am reichlichsten sind die Farrenkräuter (*Filices*) in den Kohlenschichten vertreten, und vor Allem sind es die Abdrücke ihres meist gefiederten Laubes, welche sich in den Thonschiefern ausserordentlich häufig in vortrefflicher Erhaltung finden, so dass man auf solchen Abdrücken den Lauf der Blattrippen, die Samenkapseln, welche auf denselben stehen, und überhaupt die feinsten Details oft mit überraschender Deutlichkeit wahrnehmen kann. Die Stämme der baumartigen Farrenkräuter unterscheiden sich von denen anderer Gewächse dadurch, dass sie vollkommen cylindrisch sind, und dieselbe Dicke von dem Boden bis zur Spitze besitzen. Die Stämme sind rund um mit Blättern besetzt, die beim Abfallen meist linsenförmige, in Spiralen gestellte Narben hinterlassen. Diese Narben sind bei den

Farrenkräutern stets höher als breit, während bei den Palmen und anderen Monokotyledonen der umgekehrte Fall eintritt. Die Gefässe, welche aus dem Stamme in den Blattstiel treten, zeigen durch ihre Gruppirung auf der Narbe die sonderbarsten Figuren, welche äusserst charakteristisch für jede Species sind. Je höher der Stamm aufschiesst, desto mehr fallen die um ihn gesetzten Blätter ab, so dass stets nur an der Spitze des Stammes ein Wedel von grossen Blättern vorhanden ist, in dessen Mitte meist die wie ein Bischofsstab gebogenen jungen Blätter hervorstehen. Die baumartigen Farrenkräuter kommen jetzt hauptsächlich nur in feuchten tropischen Klimaten vor; unter denjenigen Arten, welche in unseren Klimaten verbreitet sind, hat nur eine einen äusserst kurzen, kaum über den Boden erhobenen Stamm; alle übrigen dagegen in der Erde kriechende Rhizome. Bei den fossilen Farrenkräutern bietet sich eine Schwierigkeit, die nämlich, zu bestimmen, welche Arten von Blättern zu bestimmten Stämmen gehören, da man nur in höchst seltenen Fällen Wedel und Stämme mit einander vereinigt findet. Man hat die Blätter hauptsächlich nach der Vertheilung der Blattnerven in mehre Familien getheilt.

Die Familie der Neuropteriden hat ein- bis zweifach gefiederte Blattwedel, deren Fiederblättchen bald angeheftet, bald frei sind und einen mittleren Hauptnerven besitzen, von welchem zahlreiche Seiten- §. 415.

Fig. 176.



Neuropteris ovata. Von Wettin.

Fig. 177.

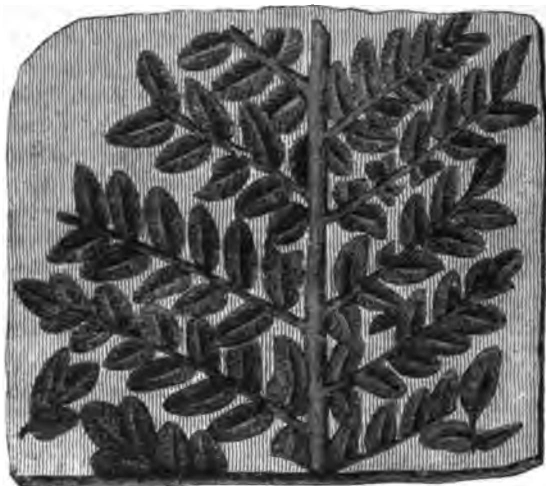


Zwei Fiederblättchen vergrössert, um die Nerven zu zeigen.

nerven ausgehen; in anderen Fällen findet sich kein Mittelnerv, sondern die zweitheiligen Rippchen verbreiten sich unmittelbar von der Basis des Fiederblättchens aus. Die Fruchtbehälter sitzen in Form kleiner Pünktchen auf den Nerven vertheilt.

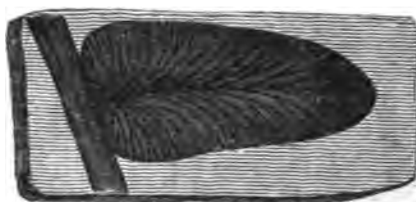
Die Gattung *Neuropteris* (Fig. 176, 177, s. vor. S., und Fig. 178, 179) deren äusserst zahlreiche Arten fast nur im Kohlengebirge vor-

Fig. 178.



Neuropteris heterophylla.

Fig. 179.



Vergrössertes Blatt derselben.

kommen, hat Fiederblätter mit herzförmiger Basis, deren Mittelnerv an der Spitze sich in einige Aeste auflöst. Die Seitennerven des Blättchens gehen sehr spitzwinklig vom Mittelnerven ab, sind etwas gebogen und theilen sich drei- bis vierfach, bevor sie den Rand des Blattes erreichen.

Die Gattung *Odontopteris* (Fig. 180) hat doppelfiederige Wedel mit sehr dünnen, meist lanzettförmigen Fiederblättchen, die mit der ganzen Breite ihrer Basis an dem Blattstengel angeheftet sind. Die Nerven sind sehr fein, etwas gebogen und nach der Mitte hin zu-

sammengedrängt, so dass die Bildung eines Mittelnerven nachgeahmt wird.

Fig. 180.



Odontopteris Schlotheimii.

Die Familie der Sphenopteriden (Fig. 181) hat mehrfach gefiederte Wedel, deren Fiederblättchen an der Basis keilförmig zusammenge- §. 416.

Fig. 181.



Sphenopteris Schlotheimii. Von Saarbrück.

schnürt sind, während das Blatt selbst gezähnt oder getheilt, zuweilen selbst handförmig ausgeschnitten ist. Es existirt ein Mittelnerv, von

welchem die Seitennerven spitzwinklig abgehen. Die Gattung, welche der Familie den Namen ertheilt, hat gelappte Fiederblättchen, die Eichenblättern nicht unähnlich sehen, und einfache, schief aufsteigende Seitennerven, welche in die Lappen übergehen. Die Fruchtbehälter sitzen in Form kleiner Knötchen an dem Rande des Blattes.

§. 417. Eine äusserst zahlreiche Familie ist diejenige der Pecopteriden, wo die Fiederblättchen mit breiter Basis angeheftet oder selbst vereinigt sind, so dass der Blattstengel auf beiden Seiten breit gesäumt erscheint. Der Mittelnerv ist sehr stark, bis zur Spitze deutlich, die Seitennerven gewöhnlich gabelig und die Fruchtknötchen an dem Rande vertheilt. Die Gattung *Pecopteris* (Fig. 182), welche äusserst zahlreiche

Fig. 182.



Pecopteris truncata. Von Wettin.
Auf mehren Fiederblättchen sitzen die runden, mit Sternfalten versehenen Fruchthaufen.

Arten besitzt, hat einfache Wedel mit schmal lanzettförmigen gestielten Fiedern oder, weit häufiger, mehrfach gefiederte Wedel mit breit angehefteten Fiederblättchen, gabelig gebogenen Seitennerven und runden in zwei Reihen gestellten Fruchthäufchen.

§. 418. In den Kohlenschichten befinden sich eine grosse Menge gigantischer Stämme von der Form eines Hohlcylinders, oft von 40 und mehr Fuss Länge und von mehr als einem Fuss Durchmesser, die unter dem

Namen Sigillarien, Fig. 183, bekannt sind. Sie haben wie die übrigen baumartigen Farren Blattstielnarben, die in Längsreihen gestellt sind, und meist zwei oder drei dunkle Stellen zeigen, durch welche die Ge-

Fig. 183.



Ganzer Stamm einer Sigillaria aus einer Kohlenmine in England.

Fig. 184.



Sigillaria Groeseri.
Daneben drei Blattansätze grösser.

fässe in den Blattstiel übergingen. Die dünne Kohlenrinde, welche diese Stämme deckt, fällt oft ab und zeigt dann die innere Fläche der Narbe im Abguss. Die Narben der Blattstiele sind meist weit zahlreicher, als in den gewöhnlichen Farrenkräutern, und die Stämme unterscheiden sich ausserdem noch durch die Ausbildung eines wahren Holzcylinders, von welchem aus die Gefässbündel in die Blattstiele übergehen, so dass hier gewissermaassen ein Mittelding zwischen Farrenkräutern einerseits und gewöhnlichen Dikotyledonen-Holzpflanzen andererseits gegeben ist.

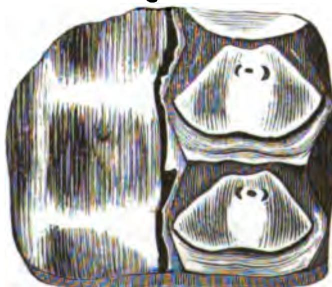
Ausser der Stellung der Blattnarben in Längsreihen (Fig. 184—186),

Fig. 185.



Stück des Stammes von *Sigillaria elegans*.
Bei *a* ist die Rinde abgefallen.

Fig. 186.

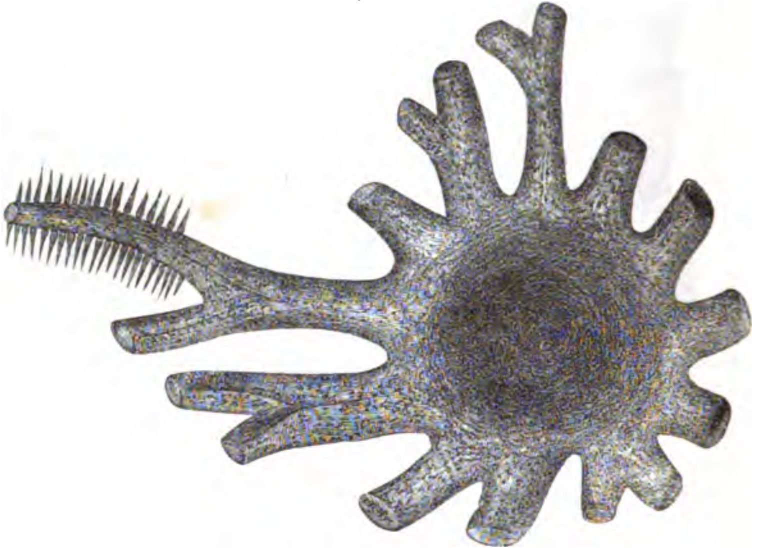


Einige Blattansätze mit und ohne Rinde.

welche bei den Sigillarien besonders durch vertiefte Rinnen hervorgehoben ist, bemerkt man auch, dass die Narben in ihrer Gesammtheit in spiraligen Linien um den Stamm herumgestellt sind. Die Stämme selbst sind gewöhnlich vollkommen platt gedrückt, und eine solche Platte von mehr als einem Fuss Breite zeigt oft nur einen halben Zoll Dicke.

§. 419. Einen der auffallendsten Typen des Pflanzenreiches bilden die in den Kohlenschiefern in grosser Menge verbreiteten **Stigmarien** (Fig. 187),

Fig. 187.



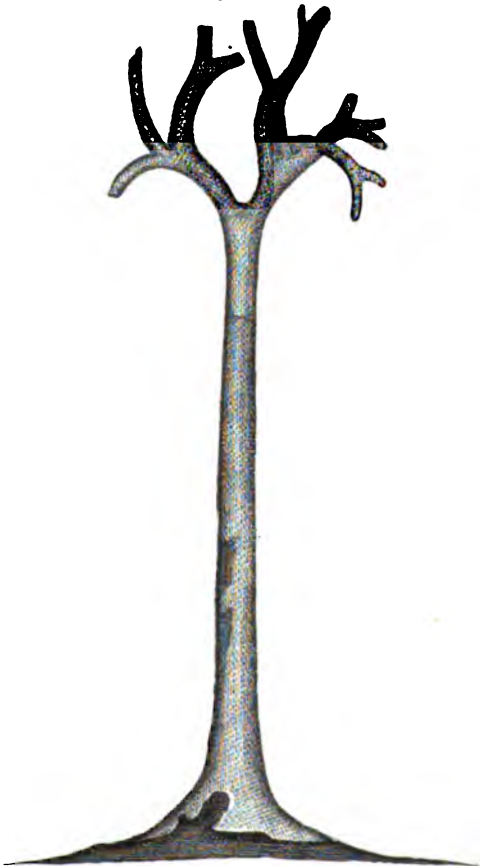
Stigmaria ficoides. Aus England.

von welchen man früher nur einzelne Stücke kannte. Das ganze Gewächs bildet einen mittleren erhabenen Wulst, der etwa sechs Fuss im Durchmesser hat, und von dem aus nach allen Richtungen strahlenförmige Aeste ausgehen, die meist bis Armsdicke haben und in horizontaler Richtung sich verbreiten. Auf diesen Aesten sitzen steife pfriemenförmige, spitze Blätter, die an der Basis knopfartig angeschwollen sind und mit einem dünnen Stiele an dem Aste ansitzen. Diese blattartigen Gebilde scheinen noch von feineren Fasern umgeben gewesen zu sein, denn die Schichten, in welchen Stigmarien sich finden, haben ein so eigenthümliches, zusammengewebtes Ansehen, dass die Kohlenarbeiter sie an dieser filzartigen Structur erkennen und mit eigenthümlichen Namen bezeichnen. Sie bilden die untere Lage der Kohlenschichten, und die Schieferthone, welche gerade unter dem Kohlenflötze liegen, zeigen meist diese Structur, was bei Verwerfungen und steiler Aufrichtung der Flötze, wo man Liegendes und Hängendes nicht genau unterscheiden kann, von ungemein praktischem Nutzen ist. Die wahrscheinlichste

Ansicht über diese merkwürdigen Pflanzen ist die, dass sie nur Wurzelstöcke gewesen seien, und dass auf dem domartigen Mittelpunkte hohe Stämme gestanden hätten. Aus der Lagerung an vielen Orten ist es sogar wahrscheinlich geworden, dass die Stämme, welche auf den Stigmarien aufsassen, Sigillarien gewesen seien, und in der That würde eine solche domartig gewölbte Wurzel mit weithin strahlenden Verzweigungen und verfilzten Wurzelfasern vortrefflich zur Fixirung solcher Stämme in sumpfigem Moorboden gedient haben; andere Botaniker sind dagegen der Ansicht, dass die Stigmarien eigenthümliche Sumpfpflanzen gewesen seien, welche in dem Torfboden der Kohlenwälder fortgewuchert hätten.

In die Nähe der Lycopodiaceen oder Bärlapparten gehören §. 420.

Fig. 188.



Lepidodendronstamm mit seinen Aesten aus dem böhmischen Kohlengebirge.

Fig. 189.



Stück eines Stammes von *Lepidodendron elegans*.

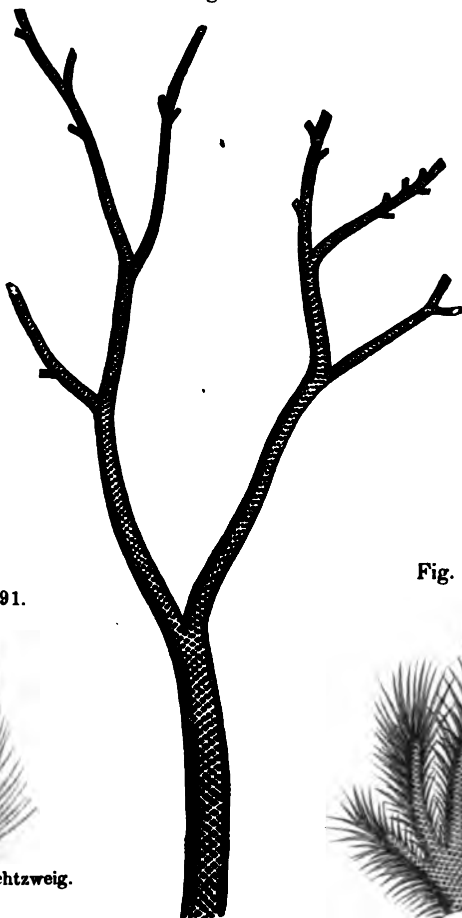
Fig. 190.



Einige Blattansätze in natürlicher Grösse.

grosse, bis zu 100 Fuss Höhe erreichende Stämme, welche an ihrer Spitze in Aeste sich theilen, und einen ringförmigen, den Markkörper umschliessenden Holzcylinder zeigen. Diese Stämme, welche man mit dem Namen Lepidodendron (Fig. 188—190, s. vor. S., und Fig. 191—193) belegt hat, unterscheiden sich leicht von den Sigillarien durch die Abwe-

Fig 192.



Aeste eines Lepidodendronstammes.

Fig. 191.



Endständiger Fruchtzweig.

Fig. 193.



Endäste.

senheit senkrechter Rinnen und Furchen, sowie durch die eigenthümliche Gabeltheilung in fast gleiche Aeste, die nicht aus Blattwinkeln entspringen. Die rhomboidalen Blattstielnarben, welche die ganze Oberfläche der Stämme überdecken, stehen in spiraligen Reihen und besitzen ein einfaches rhomboidales Mittelfeld, das meistens auf einem erhöhten Polster aufruht

und auf welchem ein dreikantiges, spiessartiges Blatt aufsass. Die Früchte bilden cylindrische Zapfen, mit dachziegelartig geordneten, rautenförmigen, in der Mitte trichterförmig ausgehöhlten Schuppen.

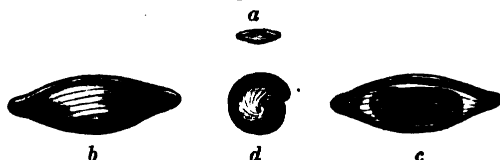
Einen wesentlichen Antheil an der Bildung der Steinkohle zeigen noch die Coniferen, deren Holzkörper auf dem Querschnitte concentrische Ringe zeigt und als deren Typus wir unsere Nadelhölzer kennen. Die Coniferen der Kohlenzeit unterscheiden sich indess von unseren nordischen Nadelhölzern hauptsächlich dadurch, dass den Zellen die, jenen eigenthümlichen Poren fehlen, wodurch sie sich mehr an die Araucarien und ähnliche verwandte Formen der tropischen Nadelhölzer anschliessen, die indessen nicht minder gewaltige Bäume bilden. Nach der Structur der Gefässe in den Holzbündeln und namentlich der Zahl der Porenreihen hat man mehre Gattungen in den Steinkohlen unterschieden und auch zuweilen, obwohl nur selten, Zapfen und Zweige gefunden. §. 421.

Von Palmen hat man einige Arten, doch nur in sehr geringer Zahl gefunden, und eigentliche Laubbäume mit verzweigten Aesten, deren Natur als ächte Dikotyledonen nachgewiesen wäre, sind in dem Steinkohlengebirge bis jetzt noch nicht entdeckt worden. Die ganze Vegetation zeigt demnach einen äusserst eigenthümlichen Habitus, welcher in der Jetztzeit noch gewissermaassen wiederholt wird durch die Vegetation solcher Inseln, welche bei warmem, wenn auch nicht völlig tropischem Klima eine grosse Feuchtigkeit des Bodens und der Atmosphäre besitzen, wodurch besonders das Gedeihen der baumartigen Farrenkräuter und der Araucarien wesentlich gefördert wird. Dass diese Vegetation zugleich einer niederen Stufe in der Ausbildung des pflanzlichen Typus unterliege, kann keinem Zweifel unterworfen sein, obgleich die apodyktische Gewissheit, mit welcher man früher Grenzen ziehen wollte, durch die neueren Untersuchungen einigermaassen wieder in Zweifel gestellt worden ist. §. 422.

Die Fauna wirbelloser Thiere, welche man in den Schichten des Steinkohlensystemes findet, unterscheidet sich in ihren grossen Zügen nur wenig von denjenigen der vorhergehenden Systeme. Unter den Polypen, Stachelhäutern, Mollusken und Trilobiten finden wir keine neue Familien und wenig neue Gattungen; hier wie dort herrschen unter den Mollusken die Armfüssler, unter den Stachelhäutern die Seelilien vor, und namentlich die letzteren sind an vielen Orten in so ungeheurer Zahl verbreitet, dass gewisse Kalksteine, welchen man deshalb den Namen der Entrochitenkalke (*Calcaire à entroques*) verliehen hat, ganz aus Säulengliedern derselben zusammengesetzt scheinen. Bemerkenswerth ist indessen noch der Umstand, dass in den Steinkohlengebilden zuerst Ueberreste luftathmender, wirbelloser Thiere vorkommen, die namentlich den Classen der Insecten und Arachniden angehören. Wir erwähnen hier nur einige, ausgezeichnete Formen dieser wirbellosen Thiere. §. 423.

§. 424. Die Classe der **Wurzelfüsser** (Foraminiferen, Polythalamien, Rhizopoden) steht bekanntlich in ihrer Organisation den Infusorien

Fig. 194.



Fusulina cylindrica. Aus dem russischen Kohlenkalke.
a Natürliche Grösse. *b* Vergrössert von der Seite der Oeffnung aus. *c* Dieselbe Ansicht. Ein Theil der Schale ist weggebrochen, um die inneren Kammern zu zeigen. *d* Ansicht von dem Endpunkte der Axe aus.

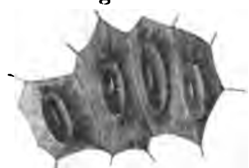
am nächsten, von welchen sie sich hauptsächlich durch die Structur ihrer Bewegungsorgane unterscheiden, welche einfach aus Fortsätzen der Körpersubstanz bestehen, die nach allen Richtungen hin sich ausbreiten und wieder zusammenziehen können. Der ganze Thierleib besteht aus einer einfach gelatinösen Substanz, in welcher die Nahrungsstoffe theils durch unmittelbare Aufsaugung, theils gewissermaassen durch ein Hineindrücken aufgenommen werden. Ein zweiter Unterschied von den Infusorien wird dadurch begründet, dass die meisten Gattungen dieser zahlreichen Thierclasse kleine Kalkschalen besitzen, innerhalb welcher der structurlose Thierleib eingeschlossen ist; die Gehäuse selbst haben oft in ihrem äusseren Ansehen viele Aehnlichkeit mit den gekammerten Schalen der Cephalopoden und bestehen gewöhnlich aus einer grösseren Anzahl von Kammern, die in höchst mannigfaltiger Weise zusammengereiht sind und bald eine grössere Oeffnung, bald mehre, oder selbst siebförmige Oeffnungen zeigen, durch welche die Fortsätze hervorgestreckt werden können. Die obere Abtheilung des Kohlenkalkes in Russland besitzt Schichten, welche, wie wir schon oben erwähnten, fast nur aus den Schalen der Gattung *Fusulina* zusammengesetzt sind. Das kleine Schälchen hat etwa die Grösse einer Linse und ist wie diese rund, in der Mitte verdickt, nach dem Rande hin abgeplattet, die Kammern bilden einfache, an der Bauchseite mit einander communicirende Querräume und stellen sich spiralig geordnet in der Weise, dass die Umgänge einander gänzlich umfassen. Eine quere Spalte bildet an dem letzten Umgange den Eingang in das Gehäuse.

§. 425. Unter den Polypen kommt die zur Familie der **Cyathophylliden** gehörige Gattung *Amplexus*, die indess dem devonischen Systeme nicht fremd ist, besonders häufig in dem Kohlenkalke vor. Es sind einfache, kegelförmige, niemals verästelte, meist etwas gebogene Stämme mit querrunzeliger und längsgestreifter Oberfläche, deren Endzelle nur an dem Rande deutliche Radien zeigt, während die Mitte von einer sehr

starken Säule ausgefüllt ist. Die Gattung *Lasmocyathus* (Fig. 195) kommt nur im Kohlenkalke vor; sie hat unregelmässige ovale, aneinandergedrängte Kelche mit sehr feinen Scheidewänden und länglicher Mittelsäule, die von einem scharfen Wulste umgeben ist.

Eine äusserst bezeichnende Gattung, die nur in dem Kohlenkalke, hier aber auch in ausserordentlicher Menge vorkommt, ist die zur Familie der Favositiden gehörige Gattung *Chaetetes* (Fig. 196, 197),

Fig. 195.



Lasmocyathus aranea.

Fig. 196.



Chaetetes radians. Von Moskau.

Fig. 197.



Die Zellen der Oberfläche und die Röhren vergrössert.

welche knollige Polypenstöcke bildet, an deren Oberfläche sich sehr feine unregelmässige oder vieleckige Poren zeigen, welche mit feinen Röhrchen zusammenhängen, die weder Poren noch Querwände haben und die ganze Masse des knolligen Stockes bilden. Mehre Arten dieser Polypengattung sind äusserst weit in dem Bergkalke verbreitet und bilden einen leicht erkenntlichen Horizont.

Unter den Stachelhäutern zeichnen wir besonders die Familie der §. 426.
Blastoideen aus, welche den Uebergang von der Familie der Seeäpfel zu derjenigen der Seelilien bildet. Das Thier besteht aus einem Kelche, der oben geschlossen ist und auf dessen Scheitel fünf Felder sich zeigen, die einen Stern bilden und zahlreiche Anhänge tragen, welche ganz den Anhängen der Arme bei den ächten Seelilien gleichen. Der Kelch ist aus einer grösseren Anzahl von Stücken zusammengesetzt, der Stiel, womit die Thiere befestigt sind, nur sehr kurz und aus einigen Scheibchen gebildet. Der Mund dieser Thiere befindet sich in der Mitte des fünfstrahligen Sternes auf dem Scheitel, daneben der After und die Genitalöffnungen, wie es scheint, in den Winkeln des Sternes um den Mund herum. Die Gattung *Pentremites* (Fig. 198—202, a. f. S.), welche zu dieser Familie gehört und sehr zahlreiche Arten, namentlich im Kohlenkalke zeigt, aber auch in dem silurischen und devonischen

Systeme vorkommt, hat einen birnförmigen Kelch, der aus drei Reihen übereinander stehender Täfelchen zusammengesetzt ist und auf der Scheitelfläche fünf lanzettförmige Sternfelder zeigt, auf welcher eine

Fig. 198.



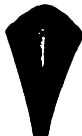
Pentremites florealis.
Von der Seite.

Fig. 200.



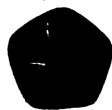
Pentremites sulcatus.
Von der Seite, mit wohlerhaltenen Fiedern auf den Ambulacralfeldern.

Fig. 201.



Pentremites Pailleti.
Von der Seite.

Fig. 199.



Pentremites florealis.
Von oben.

Fig. 202.

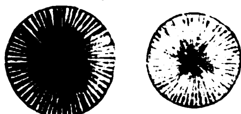


Pentremites florealis.
Von unten.

Menge feiner gegliederter Armfäden aufsitzen. Gewöhnlich indess sind diese Armfäden ausgefallen und dann zeigen sich auf diesen Feldern bald Längsstreifen, bald Porenzeichen, die in zwei Längsreihen, längs dem äusseren Rande des Sternfeldes gestellt sind.

§. 427. Von den häufig vorkommenden Seelilien bilden wir die Stengelglieder der Gattung *Rhodocrinus* ab, welche radförmig mit vielen Speichenlinien in einander eingelenkt sind und in so zahllosen Massen in manchen Schichten des Kohlenkalkes vorkommen, dass man diese als Entrochitenkalke (*Calcaires à entroques*) bezeichnet hat.

Fig. 203.



Säulenglieder (Entrochiten) von *Rhodocrinus verus.*

Besonders charakteristisch ist unter den Seelilien des Kohlensystemes ferner die Gattung *Platycrinus* (Fig. 204), deren dünner beutelförmiger Kelch aus drei Basalstücken und fünf Schulterstücken besteht, auf welchen die doppelt getheilten, geschwungenen Arme aufsitzen, die stets aus zwei Reihen von Plättchen bestehen und sehr zahlreiche, innere Ranken tragen. Zwischen diesem Kranze von Armen zieht sich der Eingeweidesack des Kelches in eine aus eckigen Stücken zusammengesetzte, stumpfe Röhre aus, die wie eine abgestumpfte Säule zwischen den Armen aufragt. Die Säule dieser Seelilien ist abgeplattet, so dass die Stengelglieder einen elliptischen oder linsenförmigen Umriss darbieten. Nur eine

Art der zahlreichen Gattung kommt in den devonischen, alle übrigen in dem Kohlensysteme vor.

Fig. 204.



Fig. 206.



Fig. 207.



Fig. 205.

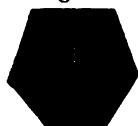


Platycrinus triacontadactylus.

Fig. 204. Der Kopf im Ganzen. Fig. 205. Einzelnes Säulenglied. Fig. 206. Die innere Säule des Kelches. Fig. 207. Einzelner Arm mit den Ranken.

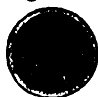
Bei der Gattung *Cyathocrinus* (Fig. 208—211) ist der Kelch beutelförmig, hohl, aus drei Reihen von je fünf Stücken zusammengesetzt,

Fig. 208.



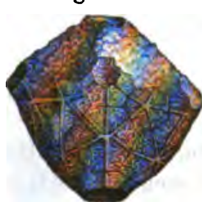
Einzelne Kelchplatte.

Fig. 209.



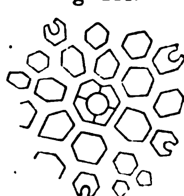
Säulenglied.

Fig. 210.



Der Kelch im Ganzen.

Fig. 211.



Die Kelchglieder auseinander gelegt.

Cyathocrinus caryocrinoides.

die mit vorspringenden Leisten geziert sind. Die Oberfläche des Kelches wird von unregelmässigen pflasterförmig an einander liegenden Stücken gebildet. Die Arme sind kurz, stets nur aus einer Reihe von Platten zusammengesetzt; die Säule drehrund, mit unregelmässigen Hülfsarmen versehen.

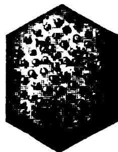
§. 428. In dem Steinkohlengebirge treten zuerst die Formen der eigentlichen Seeigel hervor, welche sich durch einen kugelförmigen, überall geschlossenen Körper auszeichnen, der gänzlich aus eingelenkten Täfelchen zusammengesetzt ist und nur zwei Oeffnungen, Mund und After, zeigt. Ausserdem finden sich feine Poren oder Löchelchen, welche in Reihen oder Rosetten gestellt sind, die nach fünf Richtungen hin auslaufen und gewöhnlich auf dem Scheitel einen Stern bilden. Durch diese Löchelchen treten die Saugfüsschen hindurch, mittelst deren der Seeigel sich bewegt. Auf der Aussenseite der Täfelchen, welche die Schale bilden, stehen Stacheln, die auf Höckern oder Knötchen eingelenkt sind und oft sonderbare Formen besitzen. Die Familie der Seeigel hat einen kugelförmigen Körper, auf dessen Unterfläche in der Mitte der Mund liegt, der mit einem äusserst complicirten Zahnapparate bewaffnet ist. Der After liegt dem Munde gegenüber auf der Mitte des Rückens, die Fühlergänge sind schmal und bilden fünf meist geschlängelte Reihen vom Munde bis zum After, zwischen ihnen sind grosse runde Höcker angebracht, die in Reihen stehen und bei den eigentlichen Turbanigeln (Cidariden) grosse, oft sehr dicke und lange, unförmliche Stacheln tragen. Die Gattung *Palaeocidaris* (Fig. 212 — 214) hat

Fig. 212.



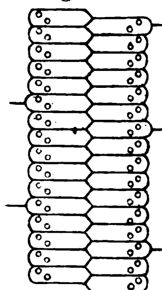
Die ganze Schale.

Fig. 213.



Ambulacralfeld.

Fig. 214.



Inter-Ambulacralplatte.

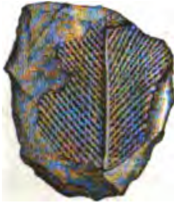
Palaeocidaris (*Echinocrinus*) *ellipticus*.

gestreifte oder dornige Stacheln, durchbohrte Höcker, die an ihrer Basis von einem ringförmigen Wulst umgeben sind, und keine Kerben an der Basis des Höckers; die Zwischenräume der Ambulacren sind von 5—6 Längsreihen sechseckiger Platten gebildet. Sie kommt nur im Kohlenkalke vor.

§. 429. Unter den Bryozoen oder Moosthieren heben wir die Gattung *Ptylopora* (Fig. 215) hervor, die nur in dem Kohlenkalke vorkommt und deren Polypenstöcke etwa die Form einer Feder haben, doch mit dem Unterschiede, dass die seitlichen Aeste stellenweise mit einander anastomosiren und so länglich ovale Zwischenräume lassen. Die runden

Zellenöffnungen der Polypen stehen in Reihen zu beiden Seiten des Mittelschaftes und der Seitenäste.

Fig. 215.



Ptylopora pluma.
In natürlicher Grösse.

Fig. 216.



Ein Stück vergrössert.

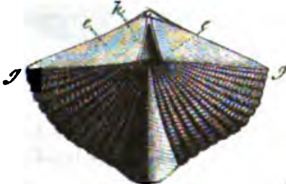
Aus schon früher erwähnten Gattungen der Brachiopoden bilden wir zwei Arten ab (Fig. 217—219), die besonders für den Kohlenkalk charakteristisch sind. §. 430.

Fig. 217.



Chonetes Dalmani.

Fig. 218.



Spirifer histericus.
Von der kleinen Schale aus.
g Schloss. *e* Area. *k* Oeffnung.

Fig. 219.



Die Muschel geöffnet, um das auf zwei Kegel spiralig aufgerollte Armgerüst zu zeigen.

Zu der Familie der Herzmuscheln (*Cardida*) gehört die den paläozoischen Gebilden eigenthümliche Gattung *Conocardium* (Fig. 220, a. f. S.), welche längliche, gleichschalige Muscheln begreift, die vorn §. 431.

meist geschwollen und senkrecht abgestutzt erscheinen, während sie nach hinten schnabelförmig ausgezogen sind und an diesem schnabelförmigen Hintertheile klaffen.

§. 432. Die Goniatiten (Fig. 221 — 223) sind im Kohlenkalke noch eben so zahlreich, als sie in dem devonischen Systeme waren.

Fig. 220.



Conocardium fusiforme.

Fig. 221.



Goniatites (*Aganides*) *Jossae*.
Ein junges Exemplar.

Fig. 222.



Dieselbe Art, alt, von der Seite.

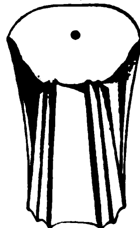
Fig. 223.



Ansicht von vorn, um die Sättel und Loben der Kammerwandung zu zeigen.

Fig. 224.



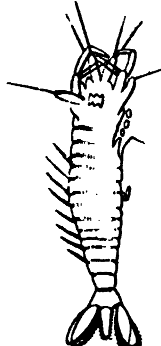


Nautilus Koninkii, von d. Seite u. von vorn.

Die Nautilen (Fig. 224) der älteren paläozoischen Gebilde sind meist so eingerollt, dass man ihre sämmtlichen Windungen sehen kann, während sonst ihre sämmtlichen Charaktere mit den in den späteren Schichten vorkommenden übereintreffen.

Unter den **Krustenthieren** bemerken wir neben der Fortdauer der §. 433.
Trilobiten, welche in diesem Systeme aufhören, einige eigenthümliche Gattungen, die trotz ihrer Seltenheit deshalb Erwähnung verdienen, weil sie einigen neuen Ordnungen angehören. Zu der Ordnung der **Flohkrebse** (*Amphipoda*), Fig. 225, die einen getrennten Kopf, geringelte Brust, Kiefer, Kinnladen, Kaufüsse und sechs bis sieben Paar ächte Gangfüsse besitzen, und bei welchen der Hinterleib mit zum Schwimmen geeigneten Bauchfüssen und einer bedeutenden Schwimmflosse ausgestattet ist, scheint ein kleines Krebschen zu gehören, welches man bis jetzt nur bei Saarbrücken und an dem Schwarzwalde in Eisennieren oder Schieferthonen der Kohlenformation gefunden hat. Das Thierchen hat etwa die Gestalt eines gewöhnlichen Flusskrebses, schlanke, fadenförmige Gangfüsse, von denen die vorderen stärker und vielleicht mit Endklauen versehen waren, zwei Paar Fühler, die borstenförmige Geiseln tragen und ein Paar Kaufüsse, die mit eingebogenen Haken versehen sind. Die Endschwimmflosse besteht aus einem mittleren dreieckigen Stücke, und jederseits zwei blattförmigen getrennten Flösschen. Die Ringel des Körpers waren an ihrem Hinterrande mit Franzen besetzt.

Fig. 225.



Gampsonyx fimbriatus. Im Eisensteine von Lebach bei Saarbrück.

Fig. 226.



Bellinurns (*Limulus*) *rotundatus.*

Wir erwähnen ausserdem noch der Gattung *Bellinurus* (Fig. 226), die in England aufgefunden wurde und die ihrer äusseren Gestalt nach dem Mollukenkrebse (*Limulus*) ziemlich ähnlich ist, sonst aber durch mannigfaltige Charaktere von derselben abweicht.

Unter den luftathmenden **Gliederthieren** sind §. 434.
unzweifelhaft Flügeldecken von Käfern, so wie ganze Käfer, Flügel von Schaben und Scorpionen (Fig. 227, a. f. S.) entdeckt worden, deren genauere Untersuchung indess noch zu erwarten steht.

In Hinsicht der **Fische** muss man wohl zwischen den Binnenmul- §. 435.
den und der Meeresformation der Kohlenzeit unterscheiden. Der Kohlenkalk wimmelt von einer grossen Anzahl von Ichthyodoruliten, und die ungemeine Häufigkeit dieser Rückenstacheln von haifischartigen Knorpelfischen lässt auf eine bedeutende Menge von Haien schliessen, welche die Kohlenmeere bevölkerten. Unter den Haien ist es aber namentlich die Familie der **Cestracionten**, deren Zähne auch in grosser Menge vorkommen und welchen ohne Zweifel diese Rückenstacheln zugetheilt werden müssen. Der einzige jetzige Repräsentant dieser in den alten Formationen sehr ausgedehnten Familie lebt in der Bai von

Port Jackson und zeichnet sich durch Rückenstacheln in den Flossen und namentlich durch seine Zähne aus, welche nicht, wie bei den

Fig. 227.



Cyclophthalmus Bucklandi.

Von Chomle in Böhmen. Daneben die Flügeldecken eines Käfers.

übrigen Haien, scharf und schneidend und zum Zerfleischen eingerichtet sind, sondern stumpfe Flächen zeigen und wirklich zum Kauen und Zermalmen kleiner Schalthiere dienen. Die Zähne der Cestracionten, die man fossil findet, haben alle mehr oder minder gefaltete, breite, oft abgeriebene flache Kronen und ausgedehnte schwammige Sockel, auf denen die stark emaillirten Kronen ruhen. Einige Repräsentanten dieser Familie kommen schon in den devonischen Formationen vor; die grösste Entwickelung findet sich in der Steinkohlenzeit.

Fig. 228.



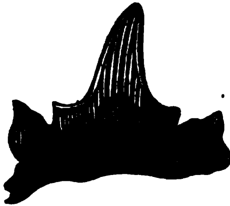
Orodus cinctus. Von Bristol.

Das Genus *Orodus* (Fig. 228), welches durchaus auf die Steinkohlenperiode beschränkt ist, hatte längliche, auf einer breiten schwammigen Wurzel ruhende Zähne, deren Mitte einen breiten stumpfen Kegel darstellt, an welchen sich zu beiden Seiten kleinere Erhöhungen anreihen, die durch einen Mittelkamm mit einander verbunden und durch Faltungseinschnitte von einander mehr oder minder unterschieden sind.

Die Cochlioden (Fig. 229) hatten breite gewundene Zähne, die in eine einzige Masse zusammengeschmolzen waren, welche die ganze Kaufläche der Kinnlade bedeckte.

Die Hybodonten, welche ebenfalls zuerst in der Steinkohlenformation auftreten, bilden eine eigenthümliche Haifischfamilie, die ebenfalls Rückenstacheln besassen, aber durch ihre kegelförmigen rundlichen Zähne von den übrigen Haien sehr abweichen. Der mittlere Kegel ist hoch, etwas flach gedrückt und mit hohen Längsstreifen versehen; die §. 436.

Fig. 230.



Cladodus marginatus. Von Armagh.

Fig. 229.



Cochliodus contortus. Von Bristol. Eine ganze Kinnlade.

Fig. 231.



Tristychius arcuatus. Von Glasgow.

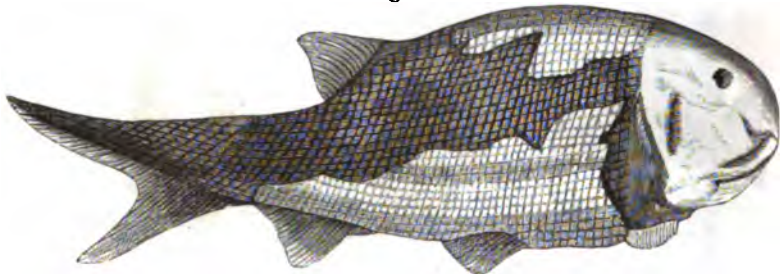
Seitenkegel kleiner. Das Genus *Cladodus* (Fig. 230), welches durchaus auf den Kohlenkalk beschränkt ist, zeigt einen hohen mittleren Kegel und einen oder mehre Seitenkegel, von welchen der äusserste der grösste ist.

Um eine Idee von der Form und Gestalt der Rückenstacheln zu geben, fügen wir hier eine Abbildung eines solchen bei (Fig. 231), der sich durch sein schreibfederartig abgeschnittenes Ende, womit er im Fleische steckt, durch die Längsfalten und die an seinem hinteren Ende befindlichen Zähne kenntlich macht.

In der Ordnung der Ganoiden bemerken wir, dass zwar jene gepanzerten Formen, welche im devonischen Systeme so häufig vorkommen, gänzlich verschwunden sind, dass dagegen die Kleinschupper, sowie die Faltenschupper noch vielfache Vertreter besitzen. Zu ihnen treten neue Formen, welche der Unterordnung der Eckschupper angehören. Die Familie der Einzeiler (*Monosticha*) trägt auf der oberen §. 437.

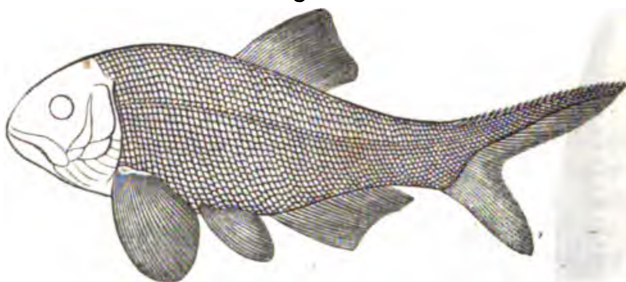
Firste der Schwanzflosse eine einzige Reihe gabelförmiger Schindeln, die sich häufig auch noch auf dem vorderen Rande der übrigen Flossen befinden. Es findet sich stets nur eine Rücken- und eine Afterflosse und Schuppen von mässiger Grösse, die gewöhnlich durch Fortsätze mit einander eingelenkt sind. Man unterscheidet in dieser Familie wieder zwei Unterfamilien, wovon nur die eine, welche wir die Familie der Paläonisciden nennen und die eine heterocerke Schwanzflosse besitzt, in den Kohlenschichten vertreten ist, und zwar namentlich durch zwei Gattungen, *Palaeoniscus* (Fig. 232) und *Amblypterus* (Fig. 233), welche

Fig. 232.



Palaeoniscus Duvernoy. Von Münster-Appel bei Kreuznach.

Fig. 233.



Amblypterus macropterus. Restaurirt.

gewissermaassen den kleineren Weissfischen unserer jetzigen süssen Gewässer entsprechen. Beide haben ziemlich dicke Köpfe, bürstenförmige Zähne, mehr oder minder gedrungene Körper, eine heterocerke Schwanzflosse, in deren oberen Lappen die Wirbelsäule sich fortsetzt, eine Rücken- und Afterflosse, sowie Bauch- und Brustflossen; sie unterscheiden sich aber durch die Stellung der Flossen und ihre Zusammensetzung; bei den Paläonisken sind die Flossen weit kleiner, aus weniger Strahlen zusammengesetzt und die Rückenflosse stets dem Zwischenraume zwischen Bauch- und Afterflosse, der ziemlich gross ist, gegenüber gestellt, während bei den Amblypteren After- und Bauchflossen sich fast berühren und die Rückenflosse oft über beide hinausreicht.

In der Familie der Doppelzeiler (*Disticha*) findet man nicht nur §. 438.

Fig. 234.



Schuppe von *Megalichthys Hibberti.*

auf der Firste der Schwanzflosse, sondern meist auch der übrigen Flossen spitze Schindeln, die einen doppelten sägeförmigen Kamm bilden, und bald eine heterocerke, bald eine homocerke Bildung der Schwanzflosse, wonach man ebenfalls wie bei den vorigen zwei Unterfamilien unterschieden hat, von denen nur die eine, die der Knochenhechte (Lepidostiden), in den Kohlenschichten repräsentirt ist. Wir erwähnen hier besonders der Gattung *Megalichthys* (Fig. 234), riesenmässige Fische mit grossen starken Kopfplatten, dicken, mit glatter Schmelzlage überzogenen Knochenschuppen und gewaltigen gestreiften Zähnen, die man früher ihrer Grösse wegen für Krokodilzähne hielt.

Zu der Familie der Wickelzähner oder Labyrinthodonten, die §. 439. wir bei den triasischen Gebilden betrachten werden, die aber unzweifelhaft zu der Classe der Amphibien oder froschartigen Thiere und nicht zu derjenigen der Reptilien gezählt werden muss — zu dieser ausgestorbenen Familie gehört die Gattung *Archegosaurus* (Fig. 235), deren

Fig .235.



Kopf des *Archegosaurus Decheni*, von oben mehr als die Hälfte verkleinert. Man sieht den Unterkiefer halb. *a* Querdurchschnitt eines Fangzahnes. *b* Einzelner Fangzahn.

Ueberreste häufig in den Thoneisennieren des pfälzischen Kohlenbeckens gefunden werden. Die Thiere hatten einen dreieckigen Kopf

mit weiten ringsum geschlossenen Augenhöhlen, die hinter der Mittellänge des Kopfes lagen; enge Nasenlöcher, nahe am Schnauzenrande gelegen; einfach gefaltete Zähne, die vorn im Kiefer am grössten waren. Wie bei den meisten anderen Labyrinthodonten waren die Kopfknochen vielfach mit Sculpturen versehen und auf der oberen Fläche ein kleines Scheitelloch und eine Brillenfigur sichtbar, die von Schleimcanälen herrührt. Die Kehle war, wie bei vielen Ganoiden, mit Knochenplatten, der Körper mit sonderbaren knotigen Schuppen bedeckt. Man kennt ausser dem Kopfskelette noch die Hals- und Rückenwirbelsäule ohne den Schwanz, die nach vorn erweiterten, kurzen Rippen, die vorderen Gliedmaassen, das Becken und den Unterschenkel, in welchen Theilen allen sich weit mehr Annäherung an die froschartigen Thiere, als an die Eidechsen zeigt.

4. Das permische System.

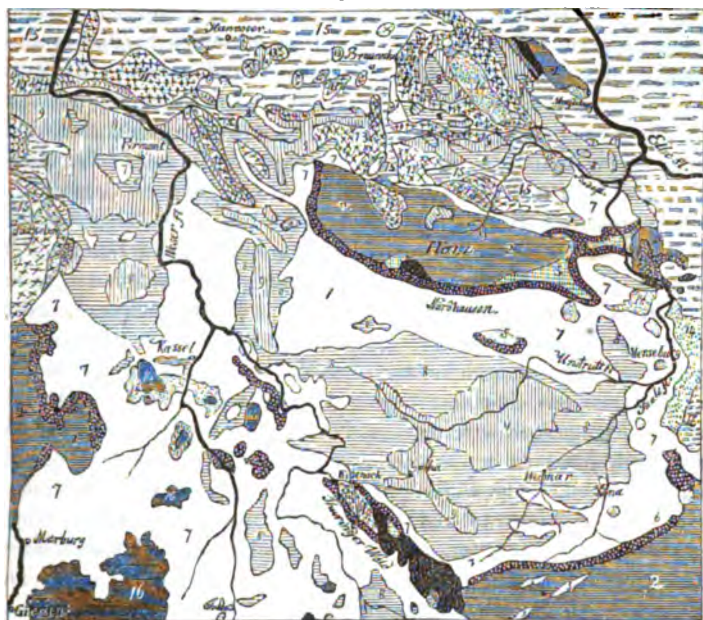
(Penäisches System; *Système pénéen; Magnesian limestone.*)

(Rothes Todtliegendes; Kupferschiefer; Zechstein; Vogesensandstein).

§. 440. Unmittelbar auf dem Steinkohlensysteme und meistens in gleicher Schichtung mit demselben findet sich ein System von Schichten, dessen unterste Lager früher, namentlich in Deutschland, auch deshalb mit zu dem Steinkohlensysteme gerechnet wurden, weil untergeordnete Kohlenflötze darin vorkommen. Indessen hat man an vielen Stellen und namentlich ausserordentlich deutlich in der Umgegend von Zwickau eine abweichende Lagerung dieser Schichten an dem Steinkohlengebirge beobachtet, so dass ihre Abtrennung als besonderes System schon aus geognostischen Gründen nothwendig wird. Andererseits zeichnen sich die Schichten, von welchen hier die Rede ist, durch eine grosse Armuth von Versteinerungen aus, so dass die Zahl der Arten, wenn sie auch in neuester Zeit vermehrt worden ist, dennoch kaum den fünften Theil der in dem Kohlengebirge vorkommenden beträgt. Vielleicht dürfte diese Armuth darauf beruhen, dass gewisse chemische Umsetzungsprocesse, die sich durch das zahlreiche Vorkommen sonst nur seltener Mineralien, durch die mannigfaltigen Umwandlungen der Kalke in Dolomit, durch die Anhäufung von Gyps und Anhydrit und Eisen in den Sandsteinen kundgeben, bedingt sein.

Die Kenntniss dieses Systemes war in Deutschland zuerst am vollständigsten ausgebildet, da in seinem Bereiche äusserst wichtige Erzgruben vorkommen; weshalb auch das ganze System in Deutschland nicht selten das Kupferschiefergebirge genannt wurde. Erst später wurde die Analogie der in Deutschland bekannten Schichten mit anderen in England, und namentlich in Russland, vorkommenden näher nachgewiesen.

Fig. 236.



Karte des Harzes und Thüringerwaldes.

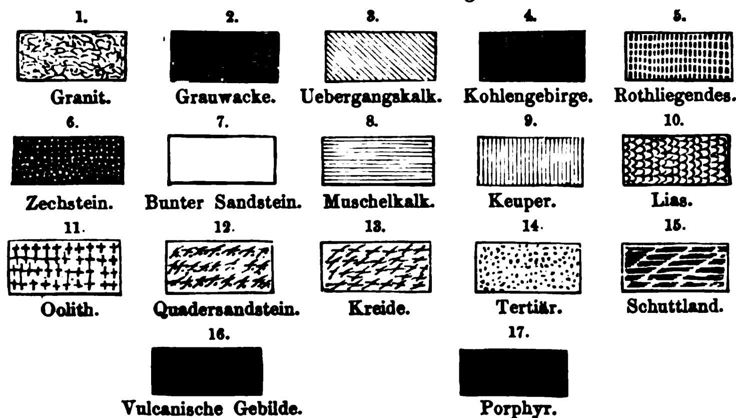
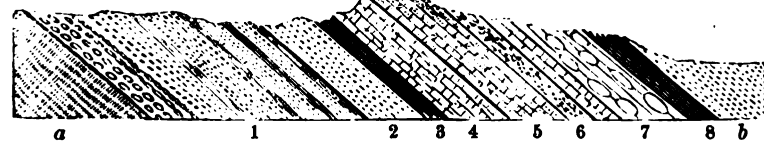


Fig. 237.



Idealer Durchschnitt des permischen Systemes in Norddeutschland.
a Kohlensandstein. 1 Rothes Todtliegendes. 2 Weisses Todtliegendes. 3 Kupferschiefer. 4 Zechstein. 5 Rauchwacke. 6 Asche. 7 Schlottengyps mit Stinkkalk. 8 Mergel. *b* Bunter Sandstein.

§. 441. In Deutschland besteht das permische System, wenn es vollständig ausgebildet, aus folgender Schichtenreihe. Unmittelbar auf dem Kohlengebirge und wie schon bemerkt an einzelnen Stellen in abweichender Schichtung mit demselben findet sich das rothe Todtliegende oder Rothliegende (*Grès rouge* oder *Lower new red Sandstone*), ein meist rother, zuweilen grüner oder grauer Sandstein, der in seinen oberen Schichten ein feines Korn besitzt, in seinen unteren Theilen dagegen fast überall ein gröberes Conglomerat darstellt, das aus mannigfaltigen Bruchstücken unterhalb liegender Gesteine zusammengesetzt ist. Oft sind diese Bruchstücke von Granit, Gneiss, Schiefer u. s. w. so sehr überwiegend, dass kaum eine Bindemasse nachgewiesen werden kann. Gewöhnlich erscheinen diese Bruchstücke gerollt, zuweilen nur noch eckig und kantig, so dass sie eine wahre Breccie bilden. Diese Conglomerate, welche zur Zeit der ersten Bildung des permischen Systemes aus einer Zerstörung der damals vorhandenen Erdoberfläche hervorgegangen scheinen, und hier wie am Kohlensysteme und an manchen später zu betrachtenden Systemen die Basis der Formation bilden, womit eine neue Periode der Erdgeschichte eingeleitet wurde — diese Grundconglomerate und Breccien gehen allmälig in den feinkörnigen Sandstein über, der aus krystallinischen Quarzkörnern besteht, welche durch ein thoniges Bindemittel zusammengehalten sind. Meist ist der Sandstein compact, zuweilen aber setzt er sich auch aus verschiedenen Bändern von ungleichem Korne zusammen und zeigt dann schiefrige Absonderungen, in welchem Falle man ihn unter dem Namen Sandschiefer unterscheidet und zu verschiedenem Gebrauche in Form dünner Platten verwerthet. Häufig nimmt das thonige Bindemittel überhand, so dass der Sandstein in rothen oder grünen Letten ausartet, in welchem einzelne Quarz- und Glimmerblättchen vertheilt sind. Die letzte Grenze dieser Ausartung stellt der dünn geschichtete, dunkelblutrothe Röthelschiefer dar, welcher lagenweise die Sandsteinschichten von einander trennt und meistens dünne Blätter unreinen Kalkes einschliesst. Zuweilen entwickelt sich nach anderer Richtung hin der Quarzgehalt des Sandsteines in bedeutenderem Maasse, so dass förmliche Hornsteinknollen und Conglomerate von Hornstein entstehen. Die Mannigfaltigkeit in den Schichten des rothen Todtliegenden wird ferner noch dadurch vermehrt, dass äusserst häufige Porphyrdurchbrüche während der Zeit seiner Bildung statt hatten, die sich so innig mit dem Sandsteine vermengen, dass man früher den Porphyr als ein nothwendiges Glied des Todtliegenden ansah. Man findet häufig Porphyrconglomerate und Breccien, innerhalb welcher die Fragmente des zerbröckelten Sandsteines so sehr überhand nehmen, dass man oft nur ein gröberes Sandsteinconglomerat vor sich zu haben glaubt. Offenbar haben diese Durchbrüche des Porphyrs während der ganzen Zeit des Absatzes des Todtliegenden gedauert und in ähnlicher Weise die oft

weichen Schichten desselben durchdrungen, wie der Grünstein die Ablagerungen des devonischen Systemes bei der Bildung der Schalsteine; denn man findet auch bei dem Todtliegenden solche Conglomerate und Breccien, abwechselnd mit den Sandsteinen, in vollkommen concordanter Lagerung und so wohl geschichtet, dass der Einfluss des Wassers bei ihrer Absetzung nicht geläugnet werden kann, obgleich auf der anderen Seite auch die Durchbrüche des Porphyrs nicht in Zweifel gezogen werden können.

Zuweilen findet man sehr dünne Lager eines thonigen Kalksteines oder auch einige Eisennieren, die indessen selten zur Betreibung eines regelrechten Bergbaues genügen. Nichtsdestoweniger ist die grosse Anhäufung von Eisenoxyd in den Schichten des Todtliegenden eine besonders charakteristische Erscheinung. An einigen Orten, wie namentlich bei Hilbersdorf in Sachsen und in einigen Gegenden des Thüringerwaldes finden sich untergeordnete Kohlenflötze oder auch Stämme fossiler Bäume, welche durch das Eindringen kieseliger Masse so vortrefflich erhalten sind, dass ihre Structur unter dem Mikroskope auf das Vollständigste erkannt werden kann. Sie nähern sich den Lepidodendren und den übrigen Pflanzen der Kohlenformation.

Die Mächtigkeit der Schichten des rothen Todtliegenden wechselt bedeutend, da sie sich auf dem sehr ungleichen Boden des Kohlensystemes abgelagert haben. An einigen Orten schätzt man sie bis auf 800 Meter, an anderen Stellen, wie namentlich bei Gera, ist die ganze Schichtenfolge auf einige sehr dünne Schichten rothen Thones beschränkt.

Ueber diesen rothen Sandsteinschichten, die man oft mit den ro- §. 442.
then Sandsteinen des devonischen Systemes oder den höher gelegenen Sandsteinen, von denen wir später handeln werden, verwechselt hat, liegen einige wenig mächtige Schichten weissgrauen Sandsteines, der bei den Bergleuten im Mansfeldischen den Namen des Weissliegenden trägt. Die Mächtigkeit dieser Schichten, die sich unmittelbar auf den horizontalen Flächen des rothen Todtliegenden absetzten, ist fast gleichförmig; die ganze Folge beträgt aber höchstens 20 Meter Dicke. Das Weissliegende hat ein sehr feines Korn und enthält ausser Sand und Thon meist auch noch Kalk; zuweilen selbst Concretionen von compactem Kalksteine, in welchem Falle dann der Sandstein thonig wird; mannigfache Einlagerungen von Mergel, Schiefer, Gyps, Erdpech und pulverigem Sandsteine (sogenanntem Sanderze) geben ihm eine grosse Mannigfaltigkeit.

Auf das Weissliegende folgen nur wenige Schichten von höch- §. 443.
stens zwei bis drei Meter Mächtigkeit, die aber trotzdem äusserst beständig sind und in Deutschland wenigstens nirgends zu fehlen scheinen. Diese Schichten bestehen aus einem schwarzen, sehr bituminösen Thonschiefer, der manchmal so sehr mit Erdpech geschwängert ist

dass er ziemlich leicht brennt und unmittelbar als Brennmaterial oder zur Destillation von Erdöl verwendet werden kann. In diesem Schiefer, der sehr reich an Eindrücken fossiler Fische ist und auch Versteinerungen einiger Reptilien enthält, findet sich unsichtbar in der Masse zerstreut eine bedeutende Menge von Kupfererz, meist Kupferkies, wegen dessen der Schiefer besonders im Mansfeldischen ausgebeutet wird. Der Kupferschiefer enthält meist zwei bis vier, in seltenen Fällen sogar bis zu 18 Procent Kupfererz, und auf dem schmalen Striche, auf welchem die Schichten dieses Kupferschiefers am Harze und Thüringer Walde, sowie in Hessen, zu Tage treten, finden sich eine Menge von Bergwerken, unter welchen die Kupfer- und Kobaltgruben von Mansfeld, Saalfeld, Zaundorf und Richelsdorf die wichtigsten sind. Die Ausbeutung der sehr dünnen Schichten ist äusserst beschwerlich und trägt auch hier, wie im Saarbrückischen, den Namen der Krummhalsarbeit.

Nach oben hin geht der Kupferschiefer allmälig in einen dunkelgrauen glimmerigen Mergelschiefer über, der gewöhnlich noch bituminös ist, aber wenig Erz enthält und das Dachflötz genannt wird.

§. 444. Ueber diesem Dachflötze und durch allmälige Uebergänge mit ihm verbunden liegt der Zechstein, ein thoniger grauer Kalkstein mit erdigem Bruche, der zuweilen Quarzfragmente, häufig bedeutende Thonzellen enthält und sich durch seinen Mangel an Bittererde scharf von der oberen Abtheilung der Formation unterscheidet. Diese dichte und feste, meist etwas bituminöse Kalksteinschicht enthält zwar nur wenige, aber doch sehr bezeichnende Fossilien und giebt dadurch, sowie durch ihre Beständigkeit, überall einen vortrefflichen Horizont, obgleich sie nur eine mittlere Mächtigkeit von etwa zwanzig Metern besitzt.

§. 445. Die obere Abtheilung des Zechsteingebirges wird an ihrer Basis von der Rauchwacke gebildet, einer Schichtenlage von höchstens 10 — 15 Meter Mächtigkeit, die unmittelbar dem Zechsteine aufliegt. Es ist diese Rauchwacke ein wahrer Dolomit mit ziemlich bedeutendem Bittererdegehalte, von rauchbrauner oder grauer Farbe, zelliger Structur und rauh beim Anfühlen wie alle Dolomite. Nur selten zeigt er sich oolithisch, meist ist der Bruch splitterig oder selbst breccienartig, und die zellenartigen Höhlungen in seinem Inneren sind meist ungleich, länglich, der Schichtfläche nach gestreckt. Zuweilen sind diese Zellen mit bräunlichem Pulver ausgefüllt. Die Mächtigkeit der Schichten richtet sich ganz nach der Menge und Grösse der darin entwickelten Zellenräume, so dass man glauben sollte, diese hätten den Kalkteig wie durch eine Art Gährung in die Höhe getrieben. Da, wo die Rauchwacke compact, oolithisch oder splitterig ist, und keine oder nur sehr wenige Zellen hat, zeigt sie nur 1 bis 2 Meter Mächtigkeit, während bei sehr zelliger Beschaffenheit sie 15 — 16 Meter haben

kann, da zuweilen sogar Zellen von einem Meter Durchmesser sich finden.

Ueber der Rauchwacke liegt noch eine Schichtenfolge mannigfach veränderter Kalksteine, welche in ihren unteren Lagern sich als ein leicht zerreiblicher, pulveriger, dolomitischer Kalk darstellen, der im Mansfeldischen unter dem Namen Asche bekannt ist. Die Asche geht durch allmälige Uebergänge in den Stinkstein über, einen schwarzgrauen oder gelbbraunen Dolomit von meist verworrener, gefalteter Schichtung, der beim Zerschlagen einen ziemlich starken, stinkenden Geruch entwickelt, viel Bitumen und Nieren von Dolomit enthält, und in seinen oberen Lagern mit Gyps und Anhydrit abwechselt. Der Gyps ist gewöhnlich grau oder braun, bituminös, undeutlich geschichtet und zerklüftet, und offenbar aus Anhydrit hervorgegangen, indem man stets im Inneren der Gypsstöcke einen Kern von Anhydrit vorfindet. Der Gyps bildet eine Art Mauer, welche den südlichen Rand des Harzes und des Thüringer Waldes fast in seiner ganzen Länge umgiebt; früher kannte man in seinem Gebiete nur Salzquellen, hat aber jetzt an verschiedenen Stellen in der Nähe von Gera, Artern und Stassfurt wirkliche Steinsalzlager angebohrt. In dem Gypsgebirge kommen überall ausgewaschene Höhlungen vor, sogenannte Schlotten, welche lange Züge bilden und durch das Einstürzen ihrer Dachgewölbe Erdfälle und Seebecken verursachen. Offenbar sind diese Schlotten dadurch entstanden, dass Nester und Stöcke von Steinsalz in dem Gypse ausgelaugt wurden. Ausserdem enthält der Gyps noch mancherlei Mineralien, namentlich Eisenoxydhydrat, und als letztes Glied findet sich oft ein graublauer Mergel oder Letten, der Nieren und Concretionen von Dolomit und Gyps enthält. §. 446.

Das Ansehen der gesammten Formation, welches sich mit den angegebenen Charakteren in Deutschland findet, zeigt eine grosse Mannigfaltigkeit der mineralogischen Beschaffenheit bei geringer Mächtigkeit, und die Menge bituminöser Stoffe, phosphorsaurer Salze, die Kupfer- und Kobalterze, die Dolomite, Gypse und das Steinsalz weisen auf eine Vielfältigkeit chemischer Processe hin, wie man sie nur in wenigen Formationen wiederfindet.

Das permische System ist in Deutschland an mehren Punkten ziemlich bedeutend entwickelt, nimmt aber trotzdem nur geringen Raum auf den geologischen Karten ein, da es überall die Unterlage von Becken bildet, welche hauptsächlich von den Schichten des Trias erfüllt wurden, so dass nur die aufgebogenen Ränder dieser Becken in der Nähe des hebenden Gebirges zu Tage kommen. In dieser Weise tritt das permische System namentlich in den Umgebungen des Harzes und Erzgebirges, des Thüringer Waldes, des Riesengebirges und Böhmerwaldes, des Spessarts, Odenwaldes, Westerwaldes und Taunus in einzelnen schmalen Streifen hervor, die, obgleich häufig durch Ueber- §. 447.

lagerung anderer Gebilde unterbrochen, dennoch in ihrer Gesammtheit eine gewisse Continuität ahnen lassen, und zeigen, dass die Formation in der That ein einziges grosses Becken bildet, welches zwischen dem Harze, dem Westerwalde, dem Thüringer Walde und dem Erzgebirge ausgebreitet ist, sämmtliche dort vorkommenden zu Tage liegenden Schichten unterteuft und nur an den Rändern und hier und da an vereinzelten Hebungspunkten zu Tage tritt. Das Rothliegende ist am vollständigsten entwickelt am Erzgebirge, bei Oschatz, Döhlen und am Westende des Harzes, während der Zechstein mit dem Kupferschiefer besonders im Mansfeldischen längs den Rändern des Fichtelgebirges, des Thüringer Waldes, des Spessarts und des Harzes, sowie in vereinzelten Flecken bei Richelsdorf und Frankenberg in Kurhessen entwickelt ist.

§. 448. In England findet sich das permische System mit Charakteren wieder, die durchaus denen von Deutschland ähnlich sehen, und zwar hauptsächlich in einer langen fast genau von Nord nach Süd streichenden Linie längs des Ostrandes des grossen nordischen Kohlenbeckens von Newcastle. In der Nähe dieser Stadt beginnen die permischen Bildungen und lassen sich nach Westen hin, auf der Kohlenformation ruhend, nach Osten hin von den Schichten des Trias überdeckt, bis gegen Birmingham hin verfolgen, wo sie unter dem Trias verschwinden. Auch hier lassen sich die beiden Abtheilungen unterscheiden, welche in Deutschland mit so verschiedenen mineralogischen Charakteren hervortreten.

Unmittelbar auf dem englischen Kohlensandsteine und auf dem *Millstone grit* liegen ziemlich mächtige Schichten eines meist dunkelrothen, grobkörnigen Sandsteines mit sehr thoniger Grundmasse, die zuweilen sich so entwickelt, dass der Sandstein sich in förmliche Thonlager und Röthelschiefer umwandelt. Ausserdem finden sich in diesem *Lower new red Sandstone* viele Sandschichten, rothe und bunte Mergel und zuweilen auch Lager von Eisensteinen; seltener sind die Conglomerate; wenn sie indessen vorhanden sind, so liegen sie wie in Deutschland an der Basis des Systemes, enthalten eine grosse Menge von Fragmenten der anstehenden älteren Gesteine und sind mit Porphyrdurchbrüchen und Breccien vergesellschaftet.

Auf den höheren Lagern dieser Sandsteine, welche feinkörniger sind und viel häufiger mit Thonen zwischenlagern, finden sich dann Schiefermergel und dunkel schwärzliche Schieferthone, die meist bituminös sind, hier und da einige magere unreine Kohlenflötze zeigen und in ihrem ganzen Verhalten sehr den thüringischen Kupferschiefern gleichen, nur mit dem Unterschiede, dass sie keine Kupfererze enthalten. Man findet aber darin Fischabdrücke eben so häufig und zum Theil von denselben Arten wie in den mansfeldischen Kupferschiefern, so dass

kein Zweifel darüber vorhanden sein kann, dass sie denselben gleich gestellt werden müssen.

Diesen bituminösen Schiefern folgen dann mächtige Schichten kalkiger Lager, welche ganz dieselben Charaktere besitzen, wie in Deutschland, nur mit dem Unterschiede, dass das Steinsalz durchaus fehlt und der Zechstein, welcher in Deutschland keine Bittererde enthält, hier etwas dolomitisch ist. Im Uebrigen zeigt sich die grösste Uebereinstimmung, indem auch hier die unteren Schichten, der eigentliche Zechstein mehr compact, hellgrau und von erdigem Bruche sich zeigt, während darüber alle jene Varietäten von Rauchwacke, Asche, Stinkstein, Mergel und Letten, Höhlendolomit und Gyps entwickelt sind, die wir oben in der deutschen Zechsteinbildung beschrieben. Die Engländer bezeichnen diese ganze Formation mit dem Namen des *Magnesian limestone* und ihre Parallelisirung mit den deutschen Gebilden kann um so weniger einem Zweifel unterliegen, als jetzt durch King die genaueste Uebereinstimmung der Fossilien an beiden Orten in grösster Ausdehnung nachgewiesen worden ist.

In den Vogesen findet sich das permische System in ziemlicher §. 449.
Ausdehnung längs der centralen Massen des Gebirges auf beiden Abhängen, und zwar in Form zweier verschiedener Sandsteine, deren unterster dem rothen Todtliegenden entspricht, während der oberste eine eigene Formation bildet, die über dem Zechstein ihre Stelle einnimmt und unmittelbar vor den triasischen Gebilden hergeht. Dies ist der Vogesensandstein, der in ähnlicher Weise, wie in den Vogesen, auch in dem Schwarzwalde entwickelt ist. Vielleicht auch, dass beide Gebilde, der Vogesensandstein und der Zechstein, äquivalente Formationen sind, und dass zu derselben Zeit, wo im Norden Deutschlands der Zechstein sich absetzte, im Süden der Vogesensandstein sich ausbildete.

Die älteren Formationen sind nur in einzelnen Fetzen hier und da in den Vogesen entwickelt und die Hauptmassen der Gehänge zu beiden Seiten werden von rothen Sandsteinen gebildet, welche unten Conglomerate bilden, zwischen denen sich Porphyre ergossen haben, die zuweilen in prismatischen Säulen abgesondert sind. Offenbar entsprechen diese Schichten dem rothen Todtliegenden; sie sind namentlich auf der Nord- und Nordwestseite der Vogesen in Form eines mehr zusammenhängenden Gürtels entwickelt, während im Süden und Osten dieser Gürtel mannigfach zerrissen und zerstückt ist durch tiefe Querthäler, welche bis zu dem ungeschichteten Centralkerne reichen.

Auf dem rothen Todtliegenden findet sich nun ein anderer Sand- §. 450.
stein von feinem, meist eckigem, krystallinischem Korne, dessen Bruchflächen lebhaft in der Sonne glänzen und spiegeln, mit wenig zerstreuten Glimmerblättchen und von lebhaft ziegelrother Farbe, die zuweilen ins Violette oder Braune übergeht und oft mit Grün abwechselt. Die

Schichten sind unter einander durch Grösse ihrer eckigen Quarzkörner, durch mehr oder minder bedeutende Entwickelung des thonigen, eisenhaltigen Bindemittels verschieden, und hier und da finden sich sogar Puddinge und Conglomerate, welche ihrer Härte wegen längs den Thalwänden vorspringende Reifen bilden. Die Schichtung dieses Sandsteines ist im Allgemeinen dem rothen Todtliegenden parallel, und die Unterscheidung ist in den Vogesen, sowie im Schwarzwalde nur durch die mineralogischen Charaktere bedingt, wo denn namentlich die besondere Häufigkeit thoniger Schichten in dem rothen Todtliegenden ins Auge zu fassen ist.

Der Vogesensandstein, in dem man noch keine Fossilien entdeckt hat, findet sich in ganz ähnlichen Verhältnissen in dem Schwarzwalde, vielleicht auch in England an einigen Stellen, wo man ihn noch nicht von den unterliegenden Gebilden getrennt hat. So kommen in der Nähe von Liverpool Schichten eines rothen Sandsteines vor, die, ihrer Lage nach, wahrscheinlich dem Vogesensandsteine entsprechen.

§. 451. In Russland bildet das permische System ein ungeheures Becken fast doppelt so gross wie Frankreich, welches sich einerseits nach Osten hin an die Kette des Ural und der Timanberge anlehnt, nach Westen hin auf dem weiten Bogen des Kohlensystemes aufruht und südlich in der Gegend von Orenburg, Simbirsk und Wladimir von den Schichten der Juraformation und der Kreide überdeckt wird. In der Mitte dieses ungeheuren Beckens werden die Gesteine ebenfalls von Juraschichten überlagert, die indessen nur einen beschränkten Raum einnehmen, so dass das permische System auf tausenden von Quadratmeilen frei mit fast horizontal liegenden Schichten zu Tage tritt. Die Beobachtung dieser Schichten war besonders deshalb interessant, weil sich in ihnen nicht, wie an den bisher angeführten Orten, Spuren von Verwerfungen und Durchbrüchen vorfinden, sondern die Schichten noch ganz in derselben Gestalt vorhanden zu sein scheinen, wie sie sich in dem Becken selbst absetzten. Da nun in ihnen dieselben merkwürdigen Formationen von Kupfererz, Gyps, Schwefel, Steinsalz und Dolomit vorkommen, wie in den so vielfältig zerrütteten und verworfenen Schichten Deutschlands, so darf man daraus wohl den Schluss entnehmen, dass diese mannigfaltigen chemischen Modificationen mit der permischen Formation von Anfang an verbunden waren und nicht durch spätere metamorphosirende Einflüsse in dieselben eingeführt wurden.

Die ältesten Schichten des Systemes unterscheiden sich dadurch in Russland, dass die Conglomerate fast gänzlich fehlen, während dagegen die Kalkmassen mehr entwickelt sind. Man findet dünn geschichtete, plattenförmige, kalkige Sandsteine, welche Lager oder mächtige Stöcke von Gyps umschliessen, der in Kreidemergel übergeht und oft von tuffartigem Dolomit, Asche und Rauchwacke überdeckt wird. In diesen Gyps- und Mergellagern finden sich ohne Zweifel Steinsalzmassen,

welche verschiedene Salzquellen nähren, und ausserdem zeigen sich hier und da bedeutende Schwefelablagerungen, sowie Asphaltquellen, die mit dem Gyps und Mergel und Steinsalze in nächster Verbindung stehen. Weiter nach oben finden sich in diesem Systeme hauptsächlich graue oder dunkelfarbige, nach oben roth gefärbte Sandsteine, in welchen sich Kohlenschmitzen, verkieselte Baumstämme und in der Nähe des Urals dunkle Schiefer mit reichlichem Kupfererze finden. Gewöhnlich sind verkieselte Baumstämme in oberen sandsteinführenden Schichten ein Anzeichen, dass sich in einiger Tiefe Schieferthone mit Kupfererzen finden. Gegen den Ural hin häufen sich besonders diese Kupferablagerungen, während man in der westlichen Hälfte des Beckens keine Spur davon kennt. Die obersten Schichten des Systemes endlich werden von rothen feinkörnigen Sandsteinen gebildet, welche da, wo die für Russlands Ackerboden charakteristische schwarze Erde fehlt, der Ackererde eine rothe Farbe mittheilen und sich in ihrem sonstigen Verhalten wesentlich den Vogesensandsteinen nähern, so dass diesen durch die erwähnte Schichtenlagerung in Russland wohl der geeignete Platz angewiesen sein dürfte.

In dem permischen Systeme sind folgende Fossilien besonders zu §. 452.
erwähnen:

Coscinium dubium. Liebenstein; Glücksbrunn; Milbitz bei Gera.

Cyathophyllum profundum. Ilmenau; Eisleben.

Cidaris Keyserlingi. Corbusen.

Ceratophytes (Fenestrella) retiformis. Altenburg; Liebenstein; Glücksbrunn; Russland.

Terebratula (Spirigera) pectinifera. Russland; Milbitz.

" *(Rhynchonella) Geinitziana.* Russland.

Productus horridus. Fig. 239. In Deutschland überall; England; Spitzbergen.

Productus Cancrini. Russland; Gera; Corbusen.

Avicula (Gervillia) ceratophaga. Glücksbrunn; Altenburg; Könitz.

" *antiqua.* Fig. 240. Russland; Glücksbrunn.

Lyonsia dubia (Schizodus Schlotheimi). Ueberall in Deutschland.

Orthoceras Geinitzi. Gera.

Nautilus Freieslebeni. Gera; Ilmenau.

Dictaea striata (Acrodus larva). Fig. 243. Richelsdorf; Thalitter.

Palaeoniscus Freieslebeni. Mansfeld.

Platysomus gibbus. Mansfeld.

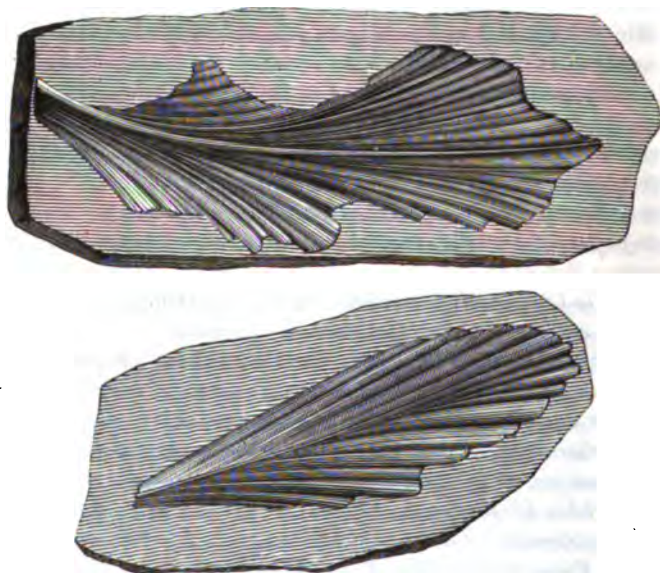
Pygopterus Humboldti. Mansfeld.

Die Flora des permischen Systemes ist besonders in dem rothen §. 453.
Todtliegenden und in den, den mansfeldischen Schiefern entsprechenden Schichten Russlands entwickelt und zeichnet sich gegenüber der Kohlenperiode durch eine bedeutende Armuth aus. Eigenthümliche Gattungen, welche von denjenigen der Kohlenschichten verschieden

wären, kommen fast gar nicht darin vor, dagegen mehrere, welche mit Pflanzen der Kohlenformation identisch sind, und etwa ein Dutzend Arten, die dem permischen Systeme ganz eigenthümlich angehören. Die entschiedenste Verschiedenheit zeigt sich zwischen den Pflanzen des permischen Systemes und denjenigen der Trias, indem diejenigen Nadelholzbäume gänzlich mangeln, welche in der Trias den vorstechendsten Charakter bilden. Die Pflanzen des permischen Systemes erscheinen demnach in botanischer Hinsicht, da sie fast nur aus Farrenkräutern und Calamiten bestehen, nur als eine Fortsetzung des vegetabilischen Lebens, das während der Kohlenperiode obwaltete, und es geht aus ihrer Untersuchung, wie aus derjenigen der Fauna hervor, dass in der That das permische System zu der Gruppe der paläozoischen Gesteine gerechnet werden muss.

Die Gattung *Noeggerathia* (Fig. 238), von welcher wir hier einige

Fig. 238.



Noeggerathia expansa.

Blätter abbilden, gehört zur Familie der Neuropteriden und besitzt gefiederte Nadeln, deren Fiederblätter oval keilförmig, gestielt mit sehr zahlreichen und feinen parallelen, von der Basis ausgehenden Nerven ausgestattet sind. Die Gattung zieht sich von dem devonischen Systeme bis in das permische durch.

§. 454. Trotz der vielfachen Entdeckungen, welche namentlich in Russland und in England eine Menge bisher unbekannter Arten in neuerer Zeit finden liessen, erscheint dennoch die Fauna des permischen Sy-

stemes im Verhältniss zu den vorigen und folgenden Perioden als eine ausserordentlich arme; was besonders bei der weiten Erstreckung dieser Gesteine in Russland auffällt, wo man ganze Provinzen durchreisen kann, ohne auch nur ein einziges Fossil zu finden; ebenso macht sich diese Armuth auch in Beziehung auf die grösseren Anhäufungen bemerklich, welche man in anderen Schichten beobachtet. Reste von Polypen sind nur selten und hier und da zerstreut; Korallenbänke, wie sie in dem devonischen und Kohlenkalke sonst vorkommen, fehlen durchaus. Die Crinoiden, deren Stielglieder im Kohlenkalke ganze Schichten zusammensetzen, sind nur durch äusserst wenige Bruchstücke und Arten repräsentirt. Eigentliche Muschelbänke sind ebenso wenig vorhanden. Die Schalen von Muscheln und Schnecken, die man vorfindet, sind meist ebenso einsam und zerstreut, als die Polypen und gehören meistens nur unbedeutenden kleinen Arten an. Die Armfüssler wiegen in der permischen Fauna noch ebenso vor, wie in dem Kohlengebirge, und viele Arten sind sogar mit dem Kohlengebirge gemeinschaftlich. Die Cephalopoden sind äusserst selten und treten bis auf einige wenige Arten gänzlich vom Schauplatze.

Wir bilden unter den Brachiopoden und Muscheln mehre Arten, §. 455.
(Fig. 239—242) ab, welche charakteristisch besonders für die Kalke des

Fig. 239.



Productus aculeatus (*horridus*).

Zechsteines sind. Zwei darunter gehören schon früher besprochenen Gattungen an (Fig. 239 u. 240), die dritte dagegen findet ihren Platz unter der Familie der Miesmuscheln (*Mytilida*), die ein zahnloses Schloss und kleine gewölbte, sehr verlängerte ovale oder dreiseitige Schalen besitzt, deren Wirbel stark nach vorn geneigt ist, und die im Inneren einen ganzen Mantelrand und zwei Muskeleindrücke zeigen, von welchen der vordere meist nur sehr unbedeutend ist. Die Gattung *Modiola* (Fig. 241 a. f. S.), von welcher wir eine Abart abbilden, unterscheidet sich nur dadurch von den eigentlichen Miesmuscheln, dass ihre untere Fläche eine Abrundung bildet, deren Rand etwas über den gebogenen Wirbel hervorsteht. Die

Fig. 240.



Avicula antiqua. Aus dem permischen Systeme Russlands.

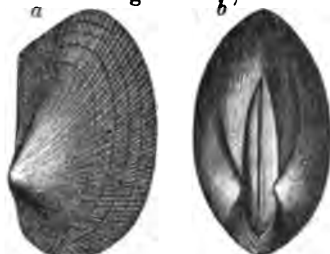
Archenmuscheln (*Arca*, Fig. 242), von welchen ebenfalls ein charakte-

Fig. 241.



Modiola Pallasi.
Aus dem permischen Systeme Russlands.

Fig. 242.



Arca antiqua.
a Von der Seite. *b* Von den Buckeln aus.

ristischer Repräsentant im Zechsteine vorkommt, haben ungleichklappige Schalen mit queren, schiefen oder länglichen Schlosszähnen und weit getrennten Buckeln, zwischen denen ein breites Schlossfeld sich ausdehnt.

§. 456. Die Trilobiten, welche in der Kohlenperiode noch durch einige, wenn auch seltene Arten vertreten waren, fehlen dem permischen Systeme gänzlich und die Repräsentanten der Gliederthiere sind hauptsächlich nur auf die Molukkenkrebse (*Limulus*) beschränkt, die ein grosses halbmondförmiges Kopfbrustschild besitzen, an welchem ein sechseckiges Bauchschild und ein langer stielförmiger ungegliederter Schwanzstachel angehängt sind. Die Füsse dieser eigenthümlichen Krustenthiere sind zugleich Bewegungsorgane und Kauwerkzeuge, wodurch sie sich von allen übrigen Crustaceen auf das Wesentlichste unterscheiden.

§. 457. Die Fische des permischen Systemes sind an einigen Orten, besonders im Mansfeldischen Kupferschiefer, zwar ausserordentlich häufig, gehören aber dennoch nur wenigen Arten an, was bedeutend gegen den Reichthum der Kohlenperiode absticht. Der schon früher erwähnten Familie der Cestracionten gehört die Gattung *Dictaea* (Fig. 243) an, von welcher wir hier einen Zahn abbilden, der einer im Zechstein weit verbreiteten Art angehört. Die Fische, welchen diese sattelartig gebogenen und quer gefalteten Zähne angehörten, waren fusslange Haie von gedrungenem Körperbau, grossen Brust- und Afterflossen mit kleinen dreiseitigen Bauchflossen und zwei Rückenflossen, von denen die erste halbmondförmig ausgerundet, die zweite breit und zugespitzt war. Der Chagrin, welcher die Haut dieser Fische bedeckte, bestand aus kleinen rauhen und gekielten Schüppchen.

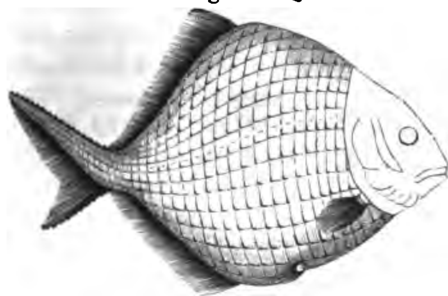
Fig. 243.



Zahn von *Dictaea striata* (*Acrodus larva*). Von Richelsdorf und Thalitter.

Unter den Ganoiden mit Eckschuppen ist besonders die Gattung *Palaeoniscus* mit mehren Arten vertreten, worunter eine schlanke gestreckte Art *Palaeoniscus Freieslebeni* besonders häufig im Kupferschiefer vorkommt. Zu derselben Familie gehört die Gattung *Platysomus* (Fig. 244), kleine Fische mit flachem, hohem, rhombischem Körper, kleinem Kopfe mit steil abfallender Stirnfläche, kleinen Brust- und Bauchflossen und sehr langen aber niedrigen Rücken- und Afterflossen. Sie hatten kleine spitze Bürstenzähne und hohe, aber kurze Schuppen.

Fig. 244.



Platysomus gibbosus.

In dem permischen Systeme finden wir die ersten Repräsentanten der eigentlichen Reptilien, indem die in dem devonischen und Kohlensysteme vorgefundenen Reste, wie schon erwähnt, der durchaus verschiedenen Classe der Amphibien beigezählt werden müssen. Die Urechsen (*Palaeosaurida*) haben spitze lange und dünne Zähne, die in der Zahnrinne des Kiefers ähnlich wie bei den Krokodilen noch in besondere Höhlen eingekeilt sind. Der Schädel ist lang dreiseitig, die Wirbelkörper kurz, in der Mitte verengt und durch concave oder ebene Gelenkflächen mit einander verbunden. Die Wirbelbögen sind entweder ganz lose oder durch Nähte an die Wirbelkörper befestigt, niemals verwachsen. Die Füsse haben fünf, mit Nägel versehene freie Zehen, und zwar sind die Hinterfüsse weit länger als die Vorderfüsse. Die Länge der im Kupferschiefer vorhandenen Art mag etwa vier Fuss betragen haben. §. 458.

Die paläozoische Gruppe im Allgemeinen.

Aus den Verhältnissen der Pflanzen- und Thierformen, welche in den paläozoischen Perioden lebten, lassen sich mehre für die speculative Geologie sehr wesentliche Schlüsse ziehen, auf welche wir hier nur im Vorbeigehen aufmerksam machen können, uns vorbehaltend, später in einem Gesammtbilde die physische und organische Conformation einer jeden geologischen Epoche zusammenzufassen. §. 459.

Vor Allem zeigt die Fauna und Flora jedes einzelnen Systemes eine auffallende Gleichförmigkeit in ihrer Ausbreitung über die Erde. Wo man auch paläozoische Gebilde nachgewiesen haben mag, in Europa oder Asien, Amerika oder Australien, an dem Cap der guten

Hoffnung, wie an der Melvilles-Insel oder in Bolivien, überall treten Thiere und Pflanzen in analogen Arten auf, deren Aehnlichkeit auch auf ähnliche physikalische Verhältnisse schliessen lässt, unter welchen sie lebten. Besonders gilt diese allgemeine Verbreitung von den Pflanzen, welche zur Kohlenzeit in so üppiger Art auf der ganzen damals trocken gelegten Erde wucherten. Wenn man auch hier und da in nahe neben einander liegenden Strecken, oft denselben Becken, nachweisen konnte, dass an einem Orte die Araucarien, am anderen die Sigillarien, an einem dritten die Lepidodendren vorzugsweise das Holz zur Steinkohle lieferten, so beruht doch diese Verschiedenheit der Kohlenwälder nur auf der Proportion der einzelnen Pflanzenarten, die nichts desto weniger überall hin verbreitet sind, wenn auch an einer Stelle die Verhältnisse der Entwickelung der einen Art günstiger waren, als der anderen. Diese ausgebreitete Vertheilung derselben Pflanzenformen über die verschiedensten Zonen ist um so auffallender, wenn man sie mit den jetzigen Verhältnissen der Verbreitung der organischen Wesen vergleicht. Während wir jetzt streng abgesonderte Zonen besitzen, die ihre eigenthümlichen Floren aufzeigen, während jedes Land nicht nur seiner geographischen Lage und den dadurch bedingten klimatischen Verhältnissen nach, sondern auch je nach den verschiedenen Höhen und der verschiedenen Conformation seines Reliefs durchaus für sich bestehende Pflanzenformen besitzt, so zeigte sich in der paläozoischen Periode gerade das Gegentheil, und es darf daraus geschlossen werden, dass nicht nur die Klimate auf der Erde zu der damaligen Zeit keine wesentlichen Unterschiede zeigten, Pole und Aequator vielmehr dieselben klimatischen Verhältnisse darboten, sondern auch, dass das Relief des Bodens überhaupt so ziemlich dasselbe war auf allen Theilen der Erde.

§. 460. Weniger auffallend tritt dieses Verhältniss in Beziehung auf die Thierfaunen hervor. Bei diesen zeigen sich allerdings besondere Länderumschreibungen, die eigenthümliche Bewohner zeigen. Oft mag dies von besonderen Umständen abhängen, je nachdem die Orte, an welchen wir jetzt die Versteinerungen finden, flaches Meer, hohe See, eingeschnittene Busen oder Binnenseen zur damaligen Zeit darstellten. Anderwärts aber fehlen die Anzeichen einer solchen Verschiedenheit. Wenn man deshalb sehr wohl begreift, warum in dem Korallenmeere der Eifel, das nur Kalkniederschläge absetzte, nicht die Fische vorkommen, welche in den schottischen Buchten in solcher Unzahl sich finden und dort in sandigem Detritus begraben wurden, so lässt sich auf der anderen Seite kein bedeutender Unterschied zwischen dem schottischen und dem livländischen alten rothen Sandsteine nachweisen, die doch durchaus verschiedene Einschlüsse zeigen. Es existirten also zu der paläozoischen Zeit verschiedene Localfaunen. Aber die Verschiedenheit derselben ist bei Weitem nicht so bedeutend als jetzt. Ver-

neuil namentlich hat mit grosser Bestimmtheit eine Menge von Arten nachgewiesen, welche in der paläozoischen Zeit über die ganze Erde verbreitet waren und somit gleichsam einen gemeinsamen Boden herstellten, über dem dann die speciellen Verschiedenheiten der einzelnen Faunen sich erhoben. Je näher an einander die Localitäten sich finden, desto grösser ist die Zahl dieser gemeinschaftlichen Arten, zwischen welche allmälig andere sich einschieben, die wieder ein Band für entferntere Gegenden herstellen. Bemerkenswerth ist aber noch besonders der Umstand, dass diejenigen Arten, welche die weiteste Verbreitung in horizontaler Erstreckung haben, sich also gleichmässig in Russland, Deutschland, Frankreich, England und Amerika finden, dass diese Arten auch die grösste Ausdehnung in verticaler Richtung besitzen, d. h. in mehren Systemen zugleich sich finden, so dass Muscheln, wie z. B. *Chonetes sarcinulata*, im obersilurischen, devonischen und Kohlensysteme und zwar fast an allen bekannten Fundorten sich vorfinden. Die öftere Wiederholung solcher Erscheinungen im Thierreiche weist aber gerade darauf hin, dass die Verschiedenheiten der paläozoischen Faunen nicht in klimatischen, sondern in anderen Verhältnissen localer Art beruhen, und dass die klimatischen Bedingungen nicht nur während der einzelnen Zeitepochen auf weite Erstreckungen hin, sondern auch während des ganzen Verlaufes der paläozoischen Periode etwa dieselben blieben.

Es fragt sich, wie diese Gleichförmigkeit des Klimas auf der Erde §. 461.
zu erklären sei, und diese Frage hat in der That die Geologen nicht wenig beschäftigt. Man hat geglaubt, dieselbe durch eine veränderte Lage des Aequators und der Pole erklären zu können, indem man annahm, dass die Stellung der Erde zur Sonne eine andere gewesen sei. Allein man braucht nur die Vertheilung der verschiedenen Punkte, auf welchen das paläozoische System bis jetzt nachgewiesen worden, ins Auge zu fassen, um sich zu überzeugen, dass es vollkommen unmöglich ist, einen Aequator so zu legen, dass alle diese Punkte in einem tropischen Klima sich befanden und somit zur Erzeugung der Fauna und Flora jener Epoche tauglich waren.

Man könnte freilich hier einwerfen, dass zur Erzeugung organischer Wesen, welche denjenigen der paläozoischen Gruppe analog sind, keine eigentlichen tropischen Klimate gehören, indem auf den Hochebenen und an den Bergabhängen Südamerikas, sowie auf Neu-Seeland, noch baumartige Farrenkräuter eben so gut gedeihen, als in den tiefer gelegenen Gegenden, während doch die mittlere Jahrestemperatur dieser Oertlichkeiten nicht über 4 bis 10 Grade erhaben ist. Die Flora der Kohlenperiode also, mit ihren baumartigen Farren und Monokotyledonen hätte ebenso gut in einem solchen sehr gemässigten Klima fortkommen können, als in einer weit heisseren Temperatur.

Dieser Einwurf indess bestärkt nur die totale Zurückweisung einer §. 462.

Annahme, welche die Lage des Aequators ändern lässt und somit die kälteren Klimate etwa in die jetzige Südsee und die heisseren Tropen in einen durch die Pole geschlungenen Gürtel verlegt. Die jetzigen Klimate auf der Erde unterscheiden sich in der That weit weniger durch die Hitze, welche im Sommer herrscht, als vielmehr durch die Kälte des Winters und der Nächte. Ein der Sonne ausgesetztes Thermometer wird in Petersburg in den heissen Sommertagen nicht viel unter dem Hitzegrade bleiben, welchen es an dem Aequator anzeigen würde, während die Differenz im Winter ungemein gross sein wird. Wenn man die Oscillationen der Temperatur an den verschiedenen Localitäten in Gestalt von Linien darstellt, so erscheinen die Wellenbiegungen der so gezeichneten Curven nur sehr gering in den Tropengegenden, während an den Polen sie ungemein weit ausgezogene Zickzacklinien darstellen. Die durch die Lage der Erdaxe und des Aequators bedingten Klimate unterscheiden sich also gerade durch die ungleiche Vertheilung der Temperatur während der Zeit eines ganzen Jahres und die davon abhängenden Verschiedenheiten der Floren würden nicht existiren, sobald man an den Polen dieselbe Sommerhitze, welche nur eine sehr kurze Zeit andauert, während des ganzen Jahres forterhalten könnte. Die ungleiche Vertheilung des Lichtes kommt hier zwar auch in Betracht, aber doch weit weniger, als die der Wärme, und die Erfahrung hat bewiesen, dass trotz der fast halbjährigen Nacht in Archangel in den dortigen Gewächshäusern auch Pflanzen der südlichen Zone vollkommen gut gedeihen. Die Veränderung der Lage des Aequators, welche man hat annehmen wollen, würde demnach keine anderen Folgen haben, als die, dass die jetzt an den Polen herrschenden ungemein grossen Oscillationen der Temperatur an andere Stellen versetzt und die gleichförmigen Schwankungen der Tropentemperaturen in andere Localitäten verlegt würden. Die gesammte Temperatur der Erde aber würde durch solche Abänderung der Lage der Erdaxen nicht verändert werden und nie ein gleichförmiges Klima über die ganze Erde verbreitet werden, wie es doch durch die paläozoische Flora und Fauna geboten ist.

§. 463. Wir sind demnach gezwungen, anzunehmen, dass die gleichförmige Temperatur, welche zur paläozoischen Zeit auf der Erde herrschte, durch andere Umstände bedingt war, als durch den Einfluss der Sonne, und dass diese Verhältnisse mächtig genug waren, um die jetzt an den Polen herrschenden erkältenden Ursachen aufzuheben und auf diese Weise eine gleichförmige Temperatur auf der ganzen Erde herbeizuführen. Offenbar muss in der Erde selbst der Grund zu dieser Gleichförmigkeit gesucht werden, und in der That ergiebt sich dieser Zustand von selbst aus den im ersten Capitel angestellten Untersuchungen über die innere Erdwärme. Wie schon oben angeführt wurde, sind zwar die aus den Berechnungen erhaltenen Zahlenresultate nicht unumstösslich

genau, da die Elemente, worauf sie beruhen, einiger Modificationen fähig sind; allein sie sind immer genau genug, um Schlüsse zu erlauben, deren Richtigkeit wohl nicht angefochten werden kann.

Die Oberfläche einer erhitzten Kugel verliert im Anfange ihrer Erkältung mehr Wärme, als der innere Kern, sie erkaltet deshalb schneller, und bald dreht sich das Verhältniss in der Art um, dass der Kern verhältnissmässig mehr Wärme verliert, als die Oberfläche. Zu einer gewissen Zeit muss demnach ein Gleichgewichtsmoment stattfinden, wo Kern und Oberfläche gleichviel Wärme verlieren. Bei der Erde trat, den vorhandenen Berechnungen zufolge, dieser Moment zu einer Zeit ein, wo die Wärmezunahme auf jeden Meter Tiefe 1^{0},689 C. betrug. Der Boden, dessen Temperatur jetzt etwa der mittleren Temperatur der Luft gleich ist, war damals um 1^{0},597 C. wärmer als diese, und die Wärmeausströmung, welche in unserer Zeit eine Schicht von etwa 6 Millimeter Eis auf der Oberfläche des Bodens im Jahre schmilzt, würde zu jener Zeit mächtig genug gewesen sein, etwa einen Fuss Eis im Jahre zu schmelzen. §. 464.

Die directe Erhöhung der Klimate um anderthalb Grade durch die innere Erdwärme etwa würde demnach nicht hingereicht haben, um nur in unseren Gegenden eine tropische Bodentemperatur hervorzubringen, und auch die statthabende Schmelzung von einem Fuss Eis an der Erdoberfläche würde nicht bedeutend genug gewesen sein, um die Bildung des Polareises vollständig zu verhindern, obgleich sie jedenfalls in hohem Maasse zu der Verminderung dieser Kälteursache würde beigetragen haben. Der directe Einfluss der Erdwärme würde demnach in dem angegebenen Zeitpunkte, der wohl noch vor die Bildung der ersten Sedimentgesteine fällt, nicht hingereicht haben, um den Einfluss der Sonne auf Erzeugung der verschiedenen Klimate aufzuheben oder verschwindend klein zu machen. §. 465.

Anders aber verhält es sich mit den indirecten Folgen dieser Verhältnisse. Bei einer Wärmezunahme von 1^{0},689 C. auf den Meter Tiefe musste in tausend Metern Tiefe schon eine Temperatur von 1689 Graden, d. h. eine Temperatur herrschen, welche die meisten Felsarten in breiig weichem Flusse erhält, und die feste Erdrinde konnte demnach damals höchstens 1000 Meter Dicke haben. In hundert Metern Tiefe schon war die Bodentemperatur höher als der Siedepunkt des Wassers, während jetzt, bei einer mittleren Wärmezunahme von einem Grade auf 30 Meter etwa, man eine Dicke der Erdrinde von 3000 Metern durchsenken muss, um den Siedepunkt des Wassers zu erreichen. Heisse Quellen, oder vielmehr Quellen von Wasserdampf, gleich dem Geiser in Island, mussten demnach in grosser Anzahl auf der Oberfläche der Erde existiren. Ist es ja doch eine ganz gewöhnliche Erscheinung, Quellen zu finden, welche etwa drei Grade über der mittleren Bodentemperatur zeigen, die somit aus etwa 90 Metern Tiefe kommen und §. 466.

mithin zu damaliger Zeit kochende Quellen gewesen wären. Alle, auch nur aus geringer Tiefe kommenden Wasser mussten eine bedeutende Wärme besitzen und deshalb auch eine weit grössere Menge von Wasserdampf erzeugen, als jetzt der Fall ist.

§. 467. Auch die Wärme der Meere musste unter solchen Bedingungen bedeutend erhöht werden. Die Temperatur des Meeres in den heissen Gegenden sinkt sehr schnell in die Tiefe hinab und stellt sich bald auf einen permanenten Punkt, welcher einerseits durch das kalte Wasser, das vermöge seiner specifischen Schwere zu Boden fällt, und andererseits durch die aus dem Boden ausströmende Wärme bedingt wird. In unserer Zeit ist diese letztere Wärmequantität nur unbedeutend; damals betrug sie, wie oben bemerkt, um so mehr, je tiefer das Meer war, und man wird wohl ohne Uebertreibung annehmen können, dass in den Becken jener Zeit ein Wasser sich befand, dessen mittlere Temperatur etwa 30 Grade betrug; eine Annahme, die bei der schnellen Wärmezunahme in der Tiefe gewiss nur sehr mässig erscheinen kann, selbst wenn man annehmen wollte, dass die Meere jener Zeit nicht so tief als die unsrigen waren. Ein Meer von 30 Grad Wärme giebt aber nicht nur eine ungemeine Menge von Wasserdampf ab, sondern es hat auch eine weit grössere specifische Leichtigkeit und somit auch eine viel bedeutendere Beweglichkeit seiner kleinsten Theile, so dass Strömungen, durch Temperaturunterschiede bedingt, weit leichter und intensiver sich ausbilden und eine gleichförmige Mischung des verschieden gewärmten Wassers sehr schnell herbeigeführt wird.

§. 468. Ein Beispiel der Wirkung solcher Strömungen in dem Meere haben wir an dem Golfstrome, der längs der östlichen Küste Amerikas nach Norden geht. Die Eisdecke, welche den Nordpol umgiebt, zeigt eine bedeutende Lücke an dem Orte, wo der Golfstrom auftrifft, und das Meer um Spitzbergen ist nur aus diesem Grunde nicht mit ewigem Eise bedeckt. Statt eines warmen Stromes, der aus einem Meeresbecken entsteht, welches nur an seiner Oberfläche bis zu einigen und 20 Graden erhitzt ist, braucht es nur eines Stromes von einem Becken, dessen ganze Masse auf etwa denselben Wärmegrad erhitzt ist, um das Polareis gänzlich zu schmelzen und dem Meere unter den Polen eine Temperatur mitzutheilen, welche von derjenigen unter dem Aequator nicht sehr verschieden ist. Es ist demnach nicht schwierig, einzig aus dieser grösseren Wärme des Meeres die gleichmässige Vertheilung der marinen Pflanzen und Thiere auf der ganzen Oberfläche der Erde zu begreifen, da jeder erkältende Einfluss, welcher die Pole betraf, unmittelbar eine intensive Strömung und Gegenströmung bedingen musste, wodurch das erkältete Wasser weggeführt wurde und warmes an seine Stelle kam.

§. 469. Dass eine solche erhöhte Temperatur der Meere den bedeutendsten Einfluss auf die Bodenwärme in der Nähe der Küsten haben musste,

versteht sich von selbst. Allein auch im Inneren der Continente, die damals eine weit geringere Ausdehnung besassen als jetzt, musste eine bedeutende Erhöhung und Ausgleichung der Temperatur durch die grosse Menge von Wasserdampf, der sich in der Luft befand, erzeugt werden. Es ist bekannt, dass die Oscillationen der Temperatur an den Küsten weit unbedeutender sind, als auf dem Festlande; Inseln haben stets ein weit gleichförmigeres Klima, als unter gleichen Breiten gelegene Localitäten der Continente. Die Luft war, durch die bedeutende Menge von Wasserdampf, den die heissen Quellen und das warme Meer lieferten, vollkommen gesättigt, und die Landpflanzen fanden deshalb stets jene Feuchtigkeit, die noch jetzt auf den Inseln mehr Farren erzeugt, als im Inneren des Festlandes. Die geringste Aenderung der Temperatur in der Luft musste demnach Niederschläge dieses Wasserdampfes als Nebel und Regen veranlassen. Sobald die Sonne den Horizont verliess, so schlugen die Wasserdämpfe sich nieder und die Pole erschienen deshalb während der Polarnächte beständig in einen dicken Nebel gehüllt. Nun ist es aber bekannt, wie sehr die Gegenwart von Nebel oder Wolken gegen die Ausstrahlung der Wärme des Bodens ankämpft, und man benutzt diese Erfahrung sogar in praktischer Hinsicht bei dem Garten- und Landbaue mit vielem Vortheil. Die Ausstrahlung gegen den heiteren Himmel ist es, welche meist den Frost und das Erfrieren der Pflanzen verursacht, und um sie zu verhindern, sucht man in manchen Gegenden beim Anbruche der Nacht eine Wolken- oder Rauchschicht über den durch den Frost bedrohten Pflanzen zu erzeugen, um sie durch dies einfache Dazwischenschieben einer undurchdringlichen Schicht zu retten.

Diese Einhüllung der Pole in dichte Dunstmassen, welche jede §. 470.
Wärmeausstrahlung verhinderten, die lebhafte Zuströmung warmen Wassers in dem Meere und die Menge der heissen Quellen, welche aus dem Boden sprudelten, machten gleichsam aus den Polargegenden ein ungeheures Gewächshaus, das mit heissem Wasser gewärmt war, dessen Glasfenster durch Nebelmassen gebildet wurden. Es lässt sich auf diese Weise, durch indirecte Folgen der bestehenden Verhältnisse der inneren Erdwärme, leicht erklären, warum zur paläozoischen Zeit eine solche Gleichförmigkeit der klimatischen Verhältnisse existiren musste. Dass dieselbe auch in Hinsicht des Bodenreliefs bestand, ist leicht ersichtlich. Es konnten bei der Dünne und leichten Biegsamkeit der Erdrinde keine bedeutenden Berge und Thäler bestehen, sondern nur geringe wellenförmige Einbiegungen, die von keinem besonderen Einfluss auf Erhöhung oder Erniedrigung der Temperatur sein konnten.

Die Temperatur des Aequators war demnach, aller Wahrschein- §. 471.
lichkeit nach, zur paläozoischen Zeit nicht viel oder nur um einige wenige Grade höher, als jetzt, während die an den Polen wirkenden erkältenden Ursachen aufgehoben und an die Stelle eines vereisten

Meeres eine See von tropischer Temperatur, an die Stelle eines gefrorenen Bodens eine durch warme Quellen und Flüsse geheizte Erde getreten war, und die Wasserdämpfe, welche jetzt an den Polen in fester Gestalt sich niederschlagen, damals nur als Nebel in der kalten Zeit sich condensirten.

§. 472. Die bedeutende Menge von Wasserdampf, welche zur paläozoischen Zeit in der Atmosphäre existiren musste, bedingt wohl eine verhältnissmässige Vermehrung der luftförmigen Hülle und mit dieser Vergrösserung der Atmosphäre auch eine Vermehrung der Wärme, die indess nicht so bedeutend gewesen sein kann, als man vielleicht zu glauben geneigt sein könnte. Bekanntlich strahlen die Schichten der Atmosphäre nicht so viel Wärme aus, als sie einlassen, und auf diesem Grunde beruht der Umstand, dass die Wärme der Luft um so grösser ist, je näher sie an der Oberfläche der Erde sich befindet, je mehr Luftschichten mithin der Wärmestrahl durchdrungen hat. Eine grössere Atmosphäre zieht demnach eine verhältnissmässige Vermehrung der Wärme nach sich, die indess in dem Falle, der uns hier beschäftigt, nicht bedeutend genug sein konnte, um eine wesentliche Veränderung in den klimatischen Verhältnissen nach sich zu ziehen.

§. 473. Die eigenthümlichen Verhältnisse der inneren Erdwärme zu der festen Rinde des Erdkörpers selbst, welche aus den oben entwickelten Thatsachen hervorgehen, scheinen besonders auf die so häufige Ausbildung des Metamorphismus in den älteren Schichten einen überwiegenden Einfluss gehabt zu haben, und es verdienen diese Erscheinungen, die später in ihrem Zusammenhange dargestellt werden sollen, wenigstens einer kurzen Erwähnung.

Wie schon bei der vorhergehenden Beschreibung der älteren Gesteine hervorgehoben wurde, finden sich die Schichten nur an wenigen Orten in dem Zustande wieder, in welchem sie ursprünglich abgelagert wurden, sondern meist verändert; — mehr oder minder krystallisirt, zuweilen selbst geschmolzen und überall mit Erscheinungen, welche längere, anhaltende Einwirkung einer bedeutenderen Wärme zu beweisen scheinen, sowie auch verschiedener chemischer Actionen, deren genauere Definirung freilich vor der Hand noch sehr unvollständig bleiben muss. Betrachtet man die Verhältnisse genauer, indem man diese chemischen Einwirkungen, die noch jetzt fortdauern, ausserhalb der Betrachtung lässt, so zeigt sich, dass man alle diese Erscheinungen von nachfolgenden Veränderungen ursprünglich in anderer Gestalt abgelagerter Schichten in zwei grosse Gruppen theilen kann, je nach der Art der Einwirkung der verändernden Ursachen.

§. 474. In dem einen Falle erscheinen die metamorphischen Umwandlungen in der Nähe vulcanischer Ausbrüche, verbunden mit Hebungen, Durchbrüchen und Injectionen plutonischer Massen und offenbar abhängig von localen Einwirkungen feuerflüssiger Massen. Man kann

diese Gruppe von Erscheinungen mit E. de Beaumont unter dem Namen des zufälligen Metamorphismus zusammenfassen. Ihre Würdigung wird an einem anderen Orte ihre Stelle finden.

Als eine zweite Gruppe könnte man aber eine Reihe von Erscheinungen als normalen Metamorphismus unterscheiden, und den Grund dieser Gruppe in wenig Worten hier anzudeuten, dürfte um so zweckmässiger sein, als gerade nur in den älteren Gesteinen dieser normale Metamorphismus vorzugsweise auftritt.

Es geht aus den oben mitgetheilten Thatsachen hervor, dass zu §. 475. einer Zeit, wo schon organisches Leben auf der Erde bestehen konnte, man schon in einer Tiefe von 1000 Metern eine Temperatur erreichte, welche hinlänglich war, um die meisten Gesteine in feurigem Flusse zu erhalten, und dass die Erdrinde mithin damals kaum 1000 Meter Dicke haben konnte.

Ebenso geht aus der Anhäufung der Kohlenschichten, den Polypen, Korallen und Muschelbänken der paläozoischen Meere und vielen anderen Thatsachen mit Gewissheit hervor, dass die Meere, worin sich die paläozoischen Gesteine absetzten, nur eine geringe Tiefe hatten und der Boden sich graduell senkte. Nun haben aber die paläozoischen Schichten, im Ganzen genommen, einige 1000 Meter Dicke, und offenbar genügte schon die Schwere eines nur wenig tiefen Beckens, den Grund desselben einzubiegen. Jede neu sich absetzende Schicht musste, bei der verhältnissmässig so unbedeutenden Dicke der Erdrinde, diese nach innen einbiegen und somit dem glühenden Kerne näher bringen. Die Folgen einer solchen Annäherung sind leicht einzusehen. Schon consolidirte Massen kamen durch solche Einbiegungen aufs Neue in die Tiefe, wo sie einer bedeutenden Hitze lange Zeit hindurch ausgesetzt wurden, und während sie in dieser Isotherme der feuerigen Weichheit sich befanden, wurde ihre Textur natürlich umgewandelt. Ja es bedurfte nicht einmal einer so bedeutenden Einsenkung, um Gelegenheit zu vielfach metamorphosirenden chemischen Processen zu geben. Die Grenze, innerhalb welcher noch Wasser existiren konnte, musste ebenso wie die Grenze des feuerigen Flusses der Erdoberfläche weit näher gerückt sein und somit die Schichten schon in geringer Tiefe der Einwirkung eines, über seinen normalen Siedpunkt erhitzten Wassers ausgesetzt sein. Es fehlt uns freilich noch an genauerer Erforschung der chemischen Wirkungen dieses Agens unter den angegebenen Bedingungen — aber die wenigen Thatsachen, welche wir über das Verhalten der Kieselerde z. B. in übermässig erhitztem Wasser besitzen, berechtigen wenigstens zu dem Ausspruch, dass diese Wirkungen äusserst intensiv gewesen sein müssen. Die stete successive Einsenkung der paläozoischen Meeresbecken, welche aus der Würdigung der fossilen Flora und Fauna dieser Schichten sich als nothwendige Folgerung ergiebt, steht demnach im höchsten Einklange

mit den geognostischen Erscheinungen, die sich in den Gesteinen selbst wahrnehmen lassen. Je bedeutender irgendwo eine solche Einbiegung war, die ein paläozoisches Becken hervorrief, desto mehr der schon abgesetzten Schichten wurden in die Nähe der Zone von grösserer chemischer Einwirkung gebracht und dort in ihrer Zusammensetzung und Structur verändert. Dass aber eine erhöhte, lange anhaltende Wärme die Molecularbewegungen selbst in den starrsten Körpern bedeutend erhöht, und dass selbst in den festen Körpern, wie z. B. im Glase oder Eisen, auch in gewöhnlicher Temperatur die kleinsten Theilchen eine gewisse Beweglichkeit besitzen, wodurch sie sich in anderer Weise gruppiren, als sie anfangs waren, ist bekannt genug. Um eine paläozoische Schicht durchaus in ihrer Structur zu ändern, genügt aber sicher schon eine verhältnissmässig geringe Hitze, wenn sie nur lange genug anhält, und in dieser letzteren Beziehung führen die Berechnungen, die oben mitgetheilt wurden, zu Zeiträumen, die wahrlich unglaublich scheinen und jedenfalls für solche Einflüsse hinlänglich ausgedehnt erscheinen. Der Metamorphismus vieler älteren Schichten erscheint, in dieser Art aufgefasst, viel mehr als Regel, denn als Ausnahme, und die verschiedenen Gradationen dieses normalen Metamorphismus und seine endlichen Resultate möchten weit leichter unter bestimmte Gesetze gebracht werden können, als der zufällige Metamorphismus, bei welchem, wie es scheint, auch andere chemische Kräfte eine grosse Rolle spielten.

§. 476. Die Zusammensetzung der Atmosphäre scheint zu den paläozoischen Zeiten nicht ganz die gleiche gewesen zu sein, wie in unserer jetzigen Epoche, wenngleich den nach demselben Urplane ausgebildeten Thier- und Pflanzenschöpfungen zufolge die Bedingungen des organischen Lebens dieselben waren. In den silurischen und devonischen Schichten findet sich das thierische Leben bei Weitem überwiegend: die Thiere wimmeln in den versteinerungsführenden Schichten in ungeheurer Menge, während die Pflanzen, wenn auch vorhanden, doch in bedeutend geringerem Grade angehäuft waren. Dasselbe Verhältniss dauert noch während des Absatzes des Kohlenkalkes fort, und erst mit dem Kohlensandsteine beginnt jene staunenerregende Vegetation, deren Reste unsere Steinkohlenflötze bilden. Bekanntlich steht nun die Respiration der Thiere und Pflanzen gerade in umgekehrtem Verhältnisse zu der atmosphärischen Luft; die Thiere absorbiren Sauerstoff und hauchen Kohlensäure aus, die Pflanzen ziehen Kohlensäure an, verdichten den Kohlenstoff und entbinden Sauerstoff. Eine Atmosphäre, in welcher diese beiden Agentien durch gleichmässige Entwickelung des Pflanzen- und Thierlebens einander das Gleichgewicht halten, wird demnach stets dieselbe Zusammensetzung darbieten, weil die von den Thieren gebildete Kohlensäure unmittelbar wieder von den Pflanzen zersetzt wird. Existirt dieses Gleichgewicht nicht, so wird allmälig

auch die Zusammensetzung der Atmosphäre geändert und der Entwickelung des einen oder anderen Reiches durch sich selbst eine Grenze gesetzt. Es scheint nun, als ob wirklich durch überwiegende Entwickelung thierischen Lebens in den silurischen und devonischen Schichten allmälig eine grosse Menge von Kohlensäure in der Luft angehäuft worden sei, und dass diese grosse Quantität eines den Pflanzen so nöthigen Gases dann die spätere üppige Vegetation der Kohlenformation begünstigt habe. Es ist bekannt, dass man Oeffnungen auf Wiesen z. B., durch welche kohlensaures Gas entströmt, schon aus der Ferne durch die Ueppigkeit und Saftigkeit des umgebenden Rasens erkennen kann, und ganz ein gleiches Verhältniss musste in der Steinkohlenperiode stattfinden, wo das Zurücksinken des thierischen Lebens auf eine Constitution der Atmosphäre hindeutet, welche der Respiration der Thiere nicht förderlich gewesen zu sein scheint.

Zur Unterstützung dieser Ansichten dient ferner noch der Umstand, dass zwar schon vor der Existenz dieser üppigen Pflanzenbildung Thiere auftauchten, welche in der Luft lebten und atmosphärische Luft unmittelbar einathmeten, dass aber die Zahl dieser Thiere nur äusserst gering war und dass man, wenn von dem einzigen Amphibium, welches im devonischen Systeme bis jetzt gefunden wurde Umgang genommen wird, als Regel behaupten kann, dass alle vor der Kohlenperiode existirenden Thiere im Wasser lebten und auf Kosten der in dem Wasser aufgelösten Gase athmeten. Auch waren die ersten Luftathmer Amphibien, die bekanntlich mit weit geringeren verhältnissmässigen Mengen von Sauerstoff und einer weit grösseren Proportion von Kohlensäure in der Luft leben können, als Säugethiere und Vögel. Die Meerbewohner zumal aber scheinen noch in Wasser leben zu können, dessen Gehalt an Sauerstoff sehr klein ist und wo ausserdem noch Gase von anderer, für Luftbewohner tödtlicher Beschaffenheit in grosser Menge aufgelöst sind. So ist es bekannt, dass verschiedene Ringelwürmer und Schnecken vorzugsweise nur unter Steinen leben, unter welchen das Wasser mit Schwefelwasserstoffgas fast gesättigt erscheint, dass Schnecken, Muscheln, kleine Krebse in sumpfigen, sehr kohlensäurehaltigen Wassern vortrefflich fortkommen, in welchen selbst Fische zu Grunde gehen, und dass diese letzteren selbst eine sehr verschiedene Empfänglichkeit für die Zusammensetzung der im Wasser aufgelösten Gase besitzen, indem die einen sehr bald in Wasser sterben, worin andere, namentlich die im Schlamme wohnenden Fische, sehr gut fortleben können. Es sind noch der vergleichenden Untersuchungen zu wenig angestellt worden, um zu entscheiden, bis wie weit die Zusammensetzung der im Wasser aufgelösten Gase sich ändern könne, ohne das thierische Leben darin aufzuheben, und ebenso wenig kennt man die zu diesem Punkte nöthigen Bedingungen der Zusammensetzung der Atmosphäre, aus welcher das Wasser seine Gase §. 477.

auflöst; so viel aber scheint sicher, dass eine Erhöhung des procentischen Kohlensäuregehaltes der Luft, durch welche die Existenz von Säugethieren und Vögeln unmöglich gemacht würde, durchaus keinen Einfluss auf die Existenz von Seebewohnern haben dürfte, während auf der anderen Seite durch eine solche Constitution der Atmosphäre der Vegetation ein unendlicher Vorschub geleistet wäre. Es liegt demnach in dieser Annahme durchaus kein Widerspruch mit dem üppigen thierischen Leben der silurischen und devonischen Zeit, und es scheint dieses im Gegentheile durch seine Kohlensäurebildung die Pflanzenschöpfung der Kohlenzeit mit vorbereitet zu haben, die dann wieder die Existenz anderer Luftthiere, wie Insecten, Scorpionen u. s. w. ihrerseits möglich machte.

§. 478. Indess wäre es eine falsche Ansicht, annehmen zu wollen, dass die Kohlensäuremenge, welche sich auf der Erde überhaupt findet, nur durch das thierische Leben erzeugt sei. Dieses hat im Gegentheile nur den geringsten Antheil an ihrer Erzeugung, und es sind hauptsächlich die vulcanischen Erscheinungen, welche die meiste Kohlensäure liefern. In allen vulcanischen Gegenden kommen Spalten, Quellen und Bäche vor, durch welche ungeheure Quantitäten Kohlensäure ausströmen, und die Regelmässigkeit dieser Ausströmungen, ihr Zusammenhang mit den vulcanischen Erscheinungen deutet darauf hin, dass sie aus dem Erdinneren kommen, und das Laboratorium der Kohlensäurebildung dort seinen Sitz hat. Die Thiere fixiren eine bedeutende Menge dieser Kohlensäure durch Bildung ihrer kalkigen Schalen, die aus kohlensaurem Kalke bestehen, und wenn man die ungeheuren Massen kohlensauren Kalkes bedenkt, die auf der Erde als Sedimentgesteine abgelagert sind, so sieht man ein, dass die darin im Zustande von Kohlensäure befindlichen Kohlenstoffmassen bei Weitem die Steinkohlenflötze an Menge überwiegen. Eine leichte Rechnung lehrt in der That, dass eine Schicht kohlensauren Kalkes von einem Meter Dicke ebenso viel Kohlenstoff enthält, als ein Steinkohlenflötz von 24 bis 25 Centimeter Mächtigkeit und 1,30 specifischem Gewichte, und eine Anhäufung kohlensauren Kalkes von 1000 Metern Mächtigkeit, was in den jurassischen Kalken z. B. nicht selten ist, würde einem Flötze von 240 Metern Dicke entsprechen. Eine solche Mächtigkeit haben aber alle vegetabilischen Anhäufungen, welche in den Erdschichten vorkommen, zusammengenommen nicht, und es geht hieraus unwiderleglich hervor, dass die Thiere durch das Bauen ihrer Schalen mehr Kohlensäure fixirt haben, als die Pflanzen durch ihre Zersetzung desselben Gases und Reducirung zu Kohlenstoff. Es ist mehr als wahrscheinlich, dass aller kohlensaurer Kalk nur dem thierischen Leben seine Existenz verdankt. Freilich ist dieses nicht so zu verstehen, als ob die Thiere den Kalk in ihrem Inneren erzeugten, eine durchaus falsche und allen Grundsätzen der Chemie widersprechende Ansicht; allein sie haben den

im Wasser in Form von verschiedenen Salzen, besonders in salzsaurer Verbindung aufgelösten Kalk an sich gezogen und in Gestalt von kohlensaurem Kalke in ihren Schalen fixirt. Sie haben demnach den Kalk nicht erzeugt, wohl aber ist der thierische Organismus das Mittel gewesen, wodurch er in seiner jetzigen Gestalt der festen Erdrinde angeschlossen wurde, so dass man die thierischen Organismen gewissermaassen in geologischer Beziehung als Filter betrachten kann, durch welche die Kalkerde aus den Gewässern abgeschieden und in fester Gestalt niedergeschlagen wird.

II. Secundäre Gebilde.

6. **Triasisches System.**
7. **Jurassisches System.**
8. **Kreidesystem.**

6. Die Trias.

(*Groupe triasique;* triasisches System; das Salzgebirge; *terrain salifère.*)

Die Gebilde dieser grossen Gruppe, theils sandiger und mergeliger, theils kalkiger Gesteine, welche durch bedeutende Ablagerungen von Steinsalz eine grosse Wichtigkeit für die Industrie besitzen, wurden besonders im südwestlichen Deutschland und Würtemberg durch eine ausgezeichnete Monographie Alberti's näher bekannt, der dort drei sehr bestimmt von einander getrennte Formationen unterschied, die von unten nach oben sich in folgender Ordnung an einander reihen: bunter Sandstein, Muschelkalk und Keuper. Es kann diese Eintheilung in der That für Deutschland als vorzüglich maassgebend betrachtet werden, da hier die mittlere mächtige Masse des Muschelkalkes zwei Formationen durch Zwischenlagerung trennt, von denen die untere mehr sandig, die obere mehr mergelig ist und deren jede eine besondere geognostische Ausdehnung zeigt. Den Fossilen zufolge hat d'Orbigny mit vollkommenem Rechte die beiden unteren Abtheilungen, den Sandstein und den Muschelkalk, zu einem einzigen Stockwerke vereinigt, welches er *Etage conchylien* nennt; derselbe Forscher hat den Keuper als *Etage saliférien* davon abgeschieden — ein Name, der freilich nur für Frankreich Bedeutung hat, wo die hauptsächlichsten Salzquellen im Keuper zu liegen scheinen, während im ganzen Deutschland sie im unteren Muschelkalke sich finden. Wir behalten hier die ältere Eintheilung Alberti's bei, obgleich wir nicht verkennen, dass hinsichtlich ihrer organischen Einschlüsse die beiden unteren Abtheilungen zu einander gehören und nur deswegen Verschiedenheit zeigen, §. 479.

weil die eine eine Festland- und Süsswasserbildung, die andere eine Meeresbildung ist.

Fig. 245.



Schichtenfolge der Trias in Würtemberg.

1 Vogesensandstein. 2 Bunter Sandstein. 3 Wellenkalk. 4 Anhydritgruppe. 5 Muschelkalk von Friedrichshall. 6 Lettenkohle. 7 Keupermergel. 8 Keupersandstein. 9 Lias.

Der bunte Sandstein.

(Grès bigarré; New red sandstone; Variegated sandstone.)

§. 480. Er gleicht in seinem allgemeinen äusseren Verhalten sehr dem Vogesensandsteine, auf dem er meist in paralleler Schichtung aufruht, so dass eine Trennung um so weniger durchführbar ist, als beiden Formationen charakteristische Versteinerungen abgehen. Indessen lassen sich doch einzelne Stellen der Vogesen und des Haardtgebirges nachweisen, an welchen, wie namentlich bei Saargemünd auf dem Wege nach Forbach, eine abweichende Schichtung in der Art unverkennbar ist, dass der Vogesensandstein emporgehobene Gipfel bildet, deren Schichten fast horizontal geblieben sind und an den Rissflächen mit steilen Abstürzen enden, an deren Fusse die Schichten des bunten Sandsteines abgelagert sind. In dieser Weise zeigt sich zwischen den beiden genannten Formationen zwar ein gewisser Parallelismus der Lagerung, der aber nur scheinbar ist, indem eine grosse Hebungsspalte beide Formationen von einander trennt. An den meisten Stellen in Deutschland ist eine solche Trennungsspalte nicht nachgewiesen, so dass dort der Vogesensandstein, wenn er überhaupt ausgebildet ist, als unterstes Glied des bunten Sandsteines betrachtet werden muss.

§. 481. Der bunte Sandstein (2 auf dem Durchschnitte Fig. 245), wie er in der Umgebung des Schwarzwaldes und der Vogesen auftritt, zeigt gewöhnlich eine dunkle rothe Farbe, dunkler als der Vogesensandstein und mit grösserer Entwickelung des thonigen Bindemittels. Das Korn ist gewöhnlich sehr fein, der Glimmer in grosser Menge vorhanden, blätterige Thonschichten von grüner oder rother Farbe trennen die einzelnen Bänke des Sandsteines, die namentlich in den unteren Lagern weit mächtiger sind, als in den oberen, in welchen bei zunehmender

Dünne der Schichten Thone und Glimmer in der Masse der Sandsteine die Ueberhand gewinnen.

Diese unteren mächtigen festen Schichten des bunten Sandsteines, in denen nur hin und wieder Thongallen ausser den Thonlagern zwischen den Schichtflächen vorkommen, geben einen vortrefflichen Baustein ab, und die aus den Vogesen und dem Schwarzwalde erbeuteten Quadern haben von Basel an bis Cöln das meiste Material zu den gothischen Domen der beiden Rheinufer geliefert. Die Dome von Strassburg, Basel, Freiburg, Speier sind ganz aus solchem buntem Sandstein gebaut, der durch seine tiefrothe Farbe, die an der Luft in ein dunkles Braunroth übergeht, auch in malerischer Hinsicht den Vorzug vor anderen Materialien verdient, wie er andererseits durch seine Festigkeit und seine Widerstandsfähigkeit gegen die Verwitterung den Monumenten eine fast unbegrenzte Dauer sichert.

In den höheren Schichten werden die Sandsteinplatten allmälig dünner und gehen nach und nach in förmliche Sandschiefer über, die sich ebenfalls mehr und mehr zusammenziehen und zuletzt rothen, geschichteten Thonen, die öfter ins Graue oder Grüne spielen und vielen Schwerspath enthalten, sogenannten Schieferletten, Platz machen. In diesen Thonen zeigt sich ausser dem häufigen Schwerspath namentlich auch Gyps, der hier und da schwache Spuren von Steinsalz enthält, im Allgemeinen aber schon so ziemlich ausgewaschen ist. Einige schwache Soolen entspringen aus diesen oberen Thonen und Gypsen der Formation des rothen Sandsteines.

Die Mächtigkeit des bunten Sandsteines wechselt ungemein, indem er zuweilen 300 bis 500 Meter erreicht, während er an anderen Orten nur durch einige dünne Thonschichten von wenigen Fussen repräsentirt ist. An den Ufern des südlichen Rheins von Basel bis über Trier hinaus spielt der bunte Sandstein eine bedeutende Rolle. Die Ostseite des Schwarzwaldes ist durchaus fast ohne Unterbrechung von ihm bedeckt, an dem Fusse zeigt sich der Schieferletten als Saum, und je weiter nach Norden man vordringt, desto breiter wird die von dem bunten Sandsteine überdeckte Strecke. In der Nähe des Neckarthales wird er freilich von Muschelkalk und Keuper überdeckt, doch zeigen einzelne Inseln, dass er sich unter denselben fortzieht, um in dem Odenwalde wieder aufzutauchen, den er fast gänzlich zusammensetzt. An dem Kniebis und dem Hornisgrunde erreicht der Sandstein in dem Schwarzwalde die grösste Höhe. In dem Odenwalde lehnt sich der Sandstein nach Westen hin auf die Granitkuppen dieses Gebirges an und schiesst nach Osten ein, wo er dann von dem Muschelkalke überdeckt wird. Den Vogelsberg umgiebt er fast in seinem ganzen Umkreise und setzt sich dann weiter nach Norden fort, wo seine Zusammensetzung sich etwas ändert.

Während nämlich im südwestlichen Deutschland der Sandstein §. 482.

um so kieseliger und fester ist, je tiefer er liegt, und erst die oberen Schichten nach und nach in Schieferletten und plattenförmige Thon-

Fig. 246.

Trias zu beiden Seiten des Oberrheins.

sandsteine übergehen, so finden wir im nördlichen Deutschland unmittelbar auf dem Zechsteine zuerst Schieferletten, mit kalkigen Zwischenlagerungen, die aus grobkörnigen Oolithen, Rogensteinen und Hornkalken bestehen. Auf diesen Schieferletten liegt erst der feinkörnige bunte Sandstein, der nach oben wieder dünner geschichtet wird und aufs Neue in eine mächtige Masse von Thon und Schieferletten übergeht, so dass an vielen Orten der eigentliche Sandstein zwischen zwei Lagern von Schieferletten eingeschlossen ist. An anderen Orten ist die untere Schieferlettenlage theils gänzlich durch die grobkörnigen Rogensteine, theils durch Gyps ersetzt, der auch hier etwas Salz enthält.

Die nordwestliche Fortsetzung des bunten Sandsteines füllt nun den ganzen Raum zwischen dem rheinischen Uebergangsgebirge, dem Harze, dem Vogtlande, dem Thüringerwalde und dem Erzgebirge aus,

und zeigt nur hier und da einzelne Durchbrüche von Basalt oder Zechstein. Er bildet eine weite Mulde, in deren Innerem Muschelkalk und Keuper abgelagert sind, und während er den südlichen Harz mit einem breiten ununterbrochenen Bande, das den nördlichen Flügel der Mulde darstellt, umzieht, zeigt er sich an dem nördlichen Harzrande zwar nur auf schmalen Strecken, in Form wenig vortretender Hügelreihen, aber doch zusammenhängend genug, so dass der Harz gleichsam wie eine Insel aus dem bunten Sandsteingebiete hervortaucht.

Jn der Umgebung der Vogesen stellt sich der bunte Sandstein §. 483.
ganz in ähnlicher Weise dar, wie in der Nähe des Schwarzwaldes und Odenwaldes, so dass man füglich in geologischer Hinsicht diese beiden Gebirgszüge als eine einzige Masse ansehen kann, in welcher durch die Erhebung der krystallinischen Gebilde zu beiden Seiten des Rheinthales eine mittlere Spalte entstand, auf deren östlicher Seite der Schwarzwald, auf der westlichen die Vogesen, jede Kette mit einem Sandsteinmantel bekleidet, sich hinziehen. An den südlichen Vogesen bildet der bunte Sandstein einen langen Saum auf dem westlichen Abhange, der sich um den Vogesensandstein herumschlingt und dessen Schichten nach Westen hin unter den Muschelkalk einschiessen. Mehr nach Norden hin dringt der bunte Sandstein stets mehr gegen das Rheinthal vor, indem die krystallinischen Kerne zurücktreten, und erscheint so schon in der Höhe von Strassburg auf dem östlichen Rande des Gebirges, von wo er dann, weiter fortsetzend, den ganzen Zug des Haardtgebirges bildet. Weiter nach Norden hin schlingt er sich um die pfälzische Kohlenmulde und um das rheinische Uebergangsgebirge herum, überall nach Westen hin von dem Muschelkalke Lothringens überlagert. An einzelnen Stellen bildet er sogar kleine Inseln, die in den tieferen Becken der Uebergangsformation abgelagert sind.

Der bunte Sandstein bildet in solchen Gegenden, wo keine bedeu- §. 484.
tenden Hebungen stattgefunden haben, im Allgemeinen wellenförmige niedrige Hügelreihen, die eine nur spärliche Vegetation haben und von breit ausgewaschenen Thälern durchzogen sind. In den Gebirgen aber, wo starke Hebungen und Zerreissungen stattgefunden haben, bildet er breite Rücken, die von tiefen Längsthälern mit steilen Wänden durchschnitten sind, an welchen die festeren Sandsteinschichten wie Friese über die stärker verwitternden Thonlager hervorstehen. Das Malerische solcher tief eingerissenen Felsthäler mit nackten Wänden wird meistens noch durch die Farbe derselben erhöht, welche angenehm gegen das Grün der Buchenwälder absticht, die namentlich auf diesem Boden gern gedeihen.

Der bunte Sandstein ist sehr arm an Versteinerungen, und nur an einzelnen Orten, wie namentlich in der Nähe von Sulzbad bei Strassburg und Domptail in den Vogesen, hat man nennenswerthe Ueberreste gefunden. An dem letzteren Orte zeigt sich ein Lager von Muscheln,

welche unzweifelhaft dem süssen Wasser angehörten, während bei Sulzbad Ueberreste von Reptilien, namentlich aber eine grosse Anzahl von Pflanzenversteinerungen sich finden, die auf eine ganz eigenthümliche Flora hinweisen. Aus den Reptilien namentlich geht hervor, dass der bunte Sandstein in paläontologischer Hinsicht sich nur dadurch von dem Muschelkalke unterscheidet, dass er eine fluvio-marine oder Landformation, der Muschelkalk dagegen ein Meeresgebilde ist.

Der Muschelkalk

(*Calcaire coquillier;* rauchgrauer Kalkstein)

§. 485. bildet überall auf dem Continente ein sehr beständiges Glied der triasischen Formation, dessen Charaktere sich überall ähnlich bleiben, so dass er einen vortrefflichen Anhaltspunkt bei geologischen Forschungen darbietet. Seinen Namen trägt er von der ungemeinen Menge von Muscheln und namentlich von Enkrinitenstücken, welche in ihm abgelagert sind. So schroff indess im Allgemeinen seine Grenze nach unten gelegt werden kann, so schwierig ist es, ihn nach oben hin von der Formation des Keupers zu trennen, indem über eine ganze grosse Schichtengruppe, welche man mit dem Namen der Lettenkohle bezeichnet hat, noch Zweifel herrscht, ob sie dem Muschelkalke selbst oder dem Keuper zuzurechnen sei.

Der Muschelkalk im Allgemeinen ist ein compacter Meereskalk von muscheligem Bruche und rauchgrauer Farbe, die zuweilen ins Gelbliche übergeht. Nur selten bietet dieser Kalk oolithische Structur dar; dagegen ist er häufig mehr oder minder dolomitisch, namentlich in seinen unteren Schichten, wo er oft in förmliche erdige Dolomite übergeht, die mit Gyps und Salzthonen vergesellschaftet scheinen und nur selten Versteinerungen darbieten. Man kann hiernach die ganze Formation in zwei Gruppen theilen, eine untere Anhydritgruppe, welche die Steinsalzlager enthält, und eine obere Gruppe, die man mit dem Namen des Hauptmuschelkalkes bezeichnet hat.

§. 486. Die untersten Lager der Anhydritgruppe werden von dunkelschwärzlichem Thone, dolomitischen Mergeln und schiefrigen Dolomiten gebildet, welche unmittelbar den Schieferletten des Sandsteines aufliegen; nach obenhin gehen diese dolomitischen Mergel, welche häufig von Gyps durchzogen sind und zuweilen etwas weniger Salz enthalten, in dünngeschichtete, rauchgraue dolomitische Kalke über, die man ihrer eigenthümlichen Biegung wegen den Wellenkalk genannt hat. Statt dieser Kalke findet sich zuweilen dunkelaschgrauer, sehr poröser Dolomit oder auch selbst Dolomitsand, ähnlich denjenigen des permischen Systemes. Innerhalb dieser Massen findet man zuweilen einzelne Lager von Thon oder reinen Kalken, welche Versteinerungen enthalten, unter

welchen *Nucula gregaria*, *Trigonia vulgaris*, *Lima lineata* besonders zu nennen sind.

Auf dem Wellenkalke, welcher an vielen Orten, wie namentlich im Elsass, nur durch Mergel repräsentirt wird, liegt das eigentliche **Salzgestein**, welches aus Thonen, Zellenkalken, Anhydrit-, Gyps- und Dolomit-Massen zusammengesetzt ist, zwischen welchen das Salz bald in Stöcken und Nestern, bald allgemein verbreitet sich zeigt. Die Dolomite und Mergel sind stets von hellen Farben, gelblichweiss, gelbgrau und aschgrau, werden oft zellig und erscheinen dann in dünnen Lamellen, die durch Querwände in Zellen getheilt sind, welche mit Dolomitasche erfüllt sind. An anderen Orten wird der Dolomit mehr cavernös, zeigt ein schlackenartiges Ansehen und zahlreiche Höhlen, die gewiss grossentheils dem Auswaschen der Steinsalzmassen ihre Entstehung verdanken. Dunkel schwärzlichgraue Stinksteine, welche viel Erdöl enthalten, Nester von Kiesel und Hornstein wechseln häufig mit diesen Dolomiten-Mergeln, welche seltener dünn und regelmässig geschichtet sind, meist dagegen dicke Massen mit verwischter Schichtung zeigen, in welchen man nur Stylolithen, aber keine Ueberreste von organischen Körpern findet. Zwischen diesen Dolomiten, und häufig mit ihnen abwechselnd, zeigen sich nun ungeschichtete Stöcke und Lager von Anhydrit, Gyps, Salzthon und Steinsalz. Der Anhydrit ist meist lichtgrau oder weiss, zuweilen schön blau und öfters von Bitumen stark durchdrungen. Er findet sich meist als Kern der Stöcke, während die äussere Umgebung derselben von grauem oder schwärzlichem Gypse gebildet wird. Der Salzthon, welcher die unmittelbare Hülle des Steinsalzes gewöhnlich bildet, ist dunkelschwarz oder grau, sehr weich und in sehr verschiedener Art von Salz durchdrungen, das hier und da einzelne Stöcke und Lager bildet, welche bis zu 50 Meter Dicke erreichen und meistens eine Mandelform darbieten, so dass sich diese Stöcke nach allen Seiten hin auskeilen. §. 487.

Diese Steinsalzlager sind es hauptsächlich, welche die Soolquellen, Salinen und Bergwerke Würtembergs speisen. Ein Schacht bei Sulz am Neckar ergab folgende Schichtenreihe von oben nach unten, welche unmittelbar unter dem eigentlichen rauchgrauen Kalke von Friedrichshall beginnt. §. 488.

1. Schmutzig gelbweisser, von Klüften und Spalten durchzogener Dolomitmergel mit Braunspath, Bitterspath und Quarzdrusen . . .	17	Fuss	—	Zoll.
2. Rauchgrauer Kalkstein	3	„	—	„
3. Gelblich grauer, sehr weicher Mergel, nach unten in Thon übergehend; Fallen der Flötze nach Süden 27 Grad	2	„	—	„
4. Gelblich grauer, etwas bituminöser Kalk .	$1^1/_2$	„	—	„

5. Dunkel aschgrauer Stinkstein	$1^1/_2$	Fuss	—	Zoll.
6. Gelblich grauer Dolomit	2	„	—	„
7. Stinkstein				
8. Weicher, thoniger Mergel	2	„	—	„
9. Hornsteinnester mit Chalcedondrusen . .				
10. Thon mit Nestern von Dolomitmergeln . .	2	„	—	„
11. Dolomitmergel				
12. Hornstein in Nestern	—	„	5	„
13. Kalkschiefer in schwachen Flötzen, Thon, Kalkstein in Hornstein übergehend . .	7	„	—	„
14. Thon und Mergel				
15. Quarznester				
16. Sehr fester, lichtaschgrauer Kalkstein . .				
17. Hornsteinnester	8	„	—	„
18. Schwärzlich grauer Mergel				
19. Hornstein, bis 9 Zoll mächtig, mit Chalcedondrusen				
20. Ungeschichteter Dolomit, wahrscheinlich ein Gang (nur auf der einen Seite des Schachtes)	—	„	—	„
21. Dolomitmergel	3	„	—	„
22. Gyps, Anhydrit, Thon	196	„	—	„
23. Wellenkalk, nicht durchbohrt	35	„	—	„
Mächtigkeit im Ganzen . .	280	Fuss	5	Zoll.

Versteinerungen fehlen durchaus in der Anhydritgruppe.

§. 489. Die oberen Glieder des Muschelkalkes bestehen aus sehr regelmässig geschichteten Kalklagern, die in den unteren Schichten gewöhnlich eine ungeheure Menge von Säulengliedern des *Encrinus liliiformis* enthalten, so dass sie zuweilen gänzlich daraus zusammengesetzt erscheinen, und die man deshalb auch Trochitenkalke genannt hat. Ueber diesen Trochitenkalken, zwischen welchen sich zuweilen dolomitische Schichten einlagern, findet man an verschiedenen Orten dünne Lager von Rogenstein, die indessen nur wenig ausgebildet sind und auf die dann die ziemlich dünn, aber stets sehr regelmässig geschichteten Kalksteine folgen, welche man mit dem Namen des Kalksteines von Friedrichshall bezeichnet hat. Diese oberen, eine Mächtigkeit von mehr als 100 Metern erreichenden Schichten von Kalksteinen enthalten nur wenige Versteinerungen, und die einzelnen Lager sind durch Thon- oder Mergelblätter von einander getrennt, die zuweilen wulstförmige Erhöhungen auf den Schichtungsflächen erzeugen. Das ganze Gestein ist höchst einförmig.

An einigen Orten, wie namentlich bei Kreilsheim, findet sich auf

diesem Kalksteine eine dünne Breccie, die fast ganz aus Koprolithen, kleinen Fischschuppen, Gräten und Reptilienknochen zusammengesetzt ist und die von manchen Autoren schon zu der folgenden Abtheilung der Lettenkohle gezogen wird. Weiter verbreitet und in grösster Mächtigkeit am oberen Neckar ausgebildet, findet sich über diesem Knochenbett ein lichtgraues Dolomitgestein von feinkörnigem Bruche, welches in Schwaben mit dem Provinzialnamen Nagelfels oder Malbstein bezeichnet wird. Das Gestein ist ziemlich porös, reich an Versteinerungen, besonders *Terebratula vulgaris* und *Gervillia socialis*, die gewöhnlich nur als Abdrücke vorhanden sind, und hat eine wellige Schichtung, die häufig von Höhlen unterbrochen ist. Einzelne Lager, die mehr kieselig und hart sind, geben vortreffliche Bausteine, während anderwärts das Gestein zerreiblich wird oder sich auch häufig von Bitumen durchdrungen zeigt.

Der Muschelkalk folgt in seiner Verbreitung überall dem bunten §. 490.
Sandsteine, auf welchem er unmittelbar auflagert. So erscheint er am südlichen Schwarzwalde in sehr bedeutender Ausdehnung, bis nach Basel hinüberziehend, längs des westlichen Schwarzwaldes nur in einigen sehr unbedeutenden einzelnen Flecken; im Osten des Gebirges aber als zusammenhängende Decke auf dem bunten Sandsteine. Im Norden nimmt er eine breitere Fläche ein, die sich an die bunten Sandsteine des Odenwaldes anlehnt, und so ist auch die ganze Mulde zwischen Schwarzwald, Odenwald, Harz und Thüringerwald von Muschelkalk ausgekleidet, auf welchen sich in der Mitte Keuper auflagert, wodurch das lange Band, welches von Basel bis zum Fusse des Thüringerwaldes geht, in der Mitte durchbrochen scheint. Indess ist diese Unterbrechung nur durch Ueberlagerung bedingt, und überall lässt sich auch da, wo nur Keuper zu Tage geht, die Gegenwart des Muschelkalkes darunter durch Bohrversuche nachweisen. Diese wurden aber um so häufiger gemacht, als die fast nie fehlenden Salzlager der Anhydritgruppe reichlichen Ersatz der aufgewandten Kosten versprachen. Auch auf der ganzen Umgebung des Harzes, in Waldeck, den sächsischen Herzogthümern etc., bei Pyrmont, Göttingen, Halle etc. zeigt sich im Norden, wie im Süden ein Saum von Muschelkalk, der überall dieselbe Gliederung, dieselben petrographischen Verhältnisse, dieselben Fossilien darbietet. Aus ihm entspringen die Salzquellen von Halle, Schönebeck, Salza; in ihm stehen die Bohrlöcher von Buffleben, Stotternheim, und im Ganzen werden aus dem Muschelkalke Deutschlands im Durchschnitte jährlich zwei Millionen Centner Salz gewonnen. Um zu zeigen, dass die Formation überall in Deutschland dieselbe sei, setze ich hier den durch das Bohrloch bei Buffleben im Weimarischen gewonnenen Durchschnitt derselben her.

Keupermergel	$113^1/_2$	Fuss.
Lettenkohle	$21^1/_2$	„
Friedrichshaller Muschelkalk	$319^1/_2$	„
Kalkmergel mit Stinkstein	48	„
Anhydrit	$152^1/_2$	„
Anhydrit mit Salz gemengt	23	„
Steinsalz (nicht durchbohrt)	22	„
	700	Fuss.

Im nördlichen Deutschland, wie namentlich in den sächsischen Herzogthümern und im Braunschweigischen, findet sich ebenso wie in Würtemberg an der Basis der Muschelkalkgruppe der Wellenkalk und Schaumkalk und dann die Dolomitgruppe mit Gyps und Anhydrit in Mergeln, in denen an solchen Orten, wo kein Salz entwickelt ist, vielfach Saurierknochen vorkommen. Die Gruppe des Hauptmuschelkalkes beginnt in diesen Gegenden überall mit oolithischem Kalke, der an Versteinerungen sehr reich ist und namentlich *Terebratula* und *Myophoria vulgaris* enthält. Auf diesen Oolith folgen dann bräunliche Trochitenkalke und hierauf der dichte, hellgraue Kalkstein von Friedrichshall mit *Ceratites*, *Nautilus*, *Pecten laevigatus* und *Pecten discites*.

§. 491. Im Allgemeinen bildet der Muschelkalk, der auch noch in Westphalen bei Paderborn zwischen der Weserkette und dem Teutoburgerwalde entwickelt ist, einförmige Höhenzüge und wellenartige, sanft abgerundete Hügelreihen, auf denen nur eine spärliche Vegetation gedeiht. Seine ganze Mächtigkeit geht etwa bis zu 400 Metern, und seine bedeutendste Meereshöhe erreicht er mit 750 Metern in der Nähe von Willingen.

Auf der linken Rheinseite folgt der Muschelkalk dem südwestlichen Abhange der Ardennen und setzt sich dann nach Süden durch Lothringen in Gestalt eines schmalen Bandes fort, welches einerseits auf dem bunten Sandsteine aufruht, nach Westen aber von dem Keuper überdeckt wird. Die Gegenden von Lüneville sind namentlich durch ihren Reichthum an Knochen ausgestorbener Amphibien und Reptilien besonders bekannt. Im Süden von Frankreich zeigt sich besonders bei Toulon ein kleines isolirtes Becken, welches auf dem granitischen Kerne der Küstenkette des Esterel aufruht. In England ist der Muschelkalk bis jetzt noch nicht aufgefunden worden.

Der Keuper.

(*Marnes irisées; Red marls; Variegated marls; Terrain salifèrien.*)

§. 492. So wie in den vorangehenden Gebilden der Kalk, so herrscht in diesem der Mergel vor, und zwar bunter Mergel von allen möglichen

Farben, in welchen indess Grün und Roth vorwiegt. Die schiefrigen Absonderungen, welche diese Mergel zeigen, sind oft wieder durch Spaltflächen so durchkreuzt, dass die Mergelschiefer sich in rhomboidale, von krummen Flächen begrenzte Stücke zerlegen.

Unmittelbar auf den oberen Schichten und namentlich dem Nagelfelse des Muschelkalkes findet sich eine merkwürdige Gruppe von Schichten, die trotz ihrer geringen Mächtigkeit einen sehr ausgebreiteten geognostischen Horizont darbietet, der sich durch seine eigenthümliche Natur sehr leicht unterscheiden lässt, wenn er auch hier und da eine frappante Aehnlichkeit mit dem Steinkohlengebilde zeigt. Diese Gruppe, über deren Stellung man noch zweifelhaft ist, da die Muscheln und Reptilienreste, welche in ihr vorkommen, mehr auf den Muschelkalk hinweisen, während die Pflanzen der Keupergruppe angehören, hat den Namen der Lettenkohle erhalten. Sie beginnt mit dunkelgrauen schiefrigen Thonen, die oft sehr bituminös sind und an einigen Orten, wie namentlich bei Gaildorf und im Thüringischen, in Alaunschiefer übergehen. An anderen Orten ist ein schiefriger grauer Sandstein ausgebildet, welcher ebenso wie die Mergel- und Alaunschiefer Abdrücke von Pflanzen und namentlich von Schachtelhalmen enthält. Nach oben gehen diese Schieferthone in die eigentliche Lettenkohle über, schwarze, weiche und fettige Kohlen von mattem, erdigem Bruche, die leicht verwittern, wobei sie in scheibenförmige Bruchstücke zerfallen und beim Verbrennen eine grosse Menge blätteriger Thonasche hinterlassen, so dass sie nur ein schlechtes Brennmaterial darstellen. Mergelschiefer, Brandschiefer und verhärtete Letten mit Pflanzenabdrücken und Resten von *Mastodonsaurus* wechseln häufig mit den Lagern dieser Lettenkohle ab und enthalten zuweilen auch Gyps. Das Dach der Lettenkohle ist von solchen Mergelschiefern gebildet, auf welche hier und da, wie namentlich in der neuen Welt bei Basel, Sandsteine folgen, die zuweilen Eisennieren enthalten und auch noch dadurch dem Kohlensandsteine ähnlich sehen, dass sie durch eingesprengte Kohle schwarzgrau gefärbt sind und eine Menge von Pflanzenabdrücken enthalten, die indess mit denjenigen des Kohlensandsteines nicht identisch sind. Auch Koprolithen, Zähne und Schuppen von Fischen und Reptilien finden sich in diesen Sandsteinen, welche gewöhnlich von einer dünnen Schicht rauchgrauen Kalksteines gekrönt werden, der oft dolomitisch ist, hier und da geflammte Farben zeigt und Gervillien, Posidonomyen und Lingulen enthält.

Ueber dieser Gruppe der Lettenkohle folgen nun die Gesteine des §. 493.
eigentlichen Keupers, in denen vorzugsweise die Mergel hervortreten, und die man nach der petrographischen Beschaffenheit in zwei Gruppen eine untere Mergelgruppe und in eine obere Sandsteingruppe oder auch nach ihrem Fossilinhalte in drei Gruppen zerlegen kann. Das unterste Glied des Keupers besteht gewöhnlich aus Gyps oder Gypsmergeln,

über welchen ein schmutzig gelber oder rauchgrauer Dolomit sich ausdehnt, welcher in seinem äusseren Verhalten dem Muschelkalke gleicht, äusserst viele Versteinerungen enthält und durch seine Lagerung zwischen Mergeln einen leicht erkennbaren Horizont bildet, welcher über weite Strecken hin sich ausdehnt und den man den Horizont Beaumont's genannt hat. In seinen oberen Schichten geht dieser Dolomit gewöhnlich in eine Knochenbreccie über, die namentlich bei Gölsdorf sehr entwickelt ist, zuweilen zwei Meter Mächtigkeit erlangt und gänzlich aus Koprolithen, Fisch und Saurierknochen, Zähnen und Schuppen zusammengebacken erscheint.

Ueber dieser Breccie liegen die bunten Mergel von vorherrschend blutrother Farbe, mit scharf abgeschnittenen, grünen, gelben und blauen Adern. Meist sind diese Mergel dünnschiefrig, mit Letten und Thon gemengt, und zuweilen findet man darin dünne Lager von Dolomit und Sandschiefer. Allgemein ist Gyps in diesen Mergeln verbreitet. Bald durchdringt er sie so innig, dass eine Trennung unmöglich wird, bald wieder bildet er Stöcke und Gänge, Zwischenlager und Verwerfungen, und unterscheidet sich von dem Gypse des Muschelkalkes durch seine lebhaften Farben. Steinsalz kommt überall in diesen Gypsmergeln, aber nur in geringer Menge, vor.

§. 494. Ueber diesen Gypsmergeln beginnen allmälig Sandsteine sich unter die Mergellager, welche ihren Charakter beibehalten, einzumischen. Anfangs ist dieser Sandstein feinkörnig, mit thonigem Bindemittel von gelblich weisser Farbe, an anderen Orten auch grün und rothscheckig; er ist meist in fussdicken Schichten abgelagert, die treffliche Quadersteine liefern, und wegen seiner vielen Abdrücke von Schachtelhalmen, Calamiten und anderen Pflanzen wird er mit dem Namen des Schilfsandsteines bezeichnet. Untergeordnete dünne Lager und Schmitzen schlechter Kohlen finden sich zuweilen in diesem Schilfsandstein. Nach oben hin wird derselbe grobkörniger, und die Kieselkörner, die er enthält, nehmen ein krystallinisches Ansehen an, das stets mehr zunimmt, wobei zugleich die Sandsteine zerreiblicher und unzusammenhängender werden. So findet man endlich in den oberen Lagern krystallinische, weisse Sandsteine mit Nestern von Pechkohlen, Schwefelkies und Bleiglanz, die man in verwittertem Zustande zum Bestreuen der Stubenböden benutzt und deshalb Stubensandstein genannt hat. Thonzellen und harte Steinmergel sind diesen Kieselsandsteinen beigemengt, welche zuweilen indessen so hart werden, dass man sie als Mühlsteine benutzt.

§. 495. Bei Rottweil, Stuttgart, Bebenhausen, Degerloch und anderen Orten besteht endlich das oberste Lager des Keupers aus einer wenig mächtigen Sandsteinbreccie, die eine Menge von Koprolithen, Fisch- und Eidechsenresten enthält und auch in England unter dem Namen des *Bone-bed* bekannt ist. Diese Grenzbreccie wurde früher dem Lias

zugezählt, gehört aber unzweifelhaft der Natur ihrer Fossilien nach dem Keuper an.

Der Keuper findet sich im Westen des Schwarzwaldes nur in einigen wenigen Thälern, dagegen im Osten in weit grösserem Zusammenhange. Indem er südlich unter den Lias der schwäbischen Alp hinabsinkt, lässt er sich von Donaueschingen aus bis nach Norddeutschland hin verfolgen, überall den Muschelkalk bedeckend und so das östliche Ufer der Mulde bildend, die von der schwäbischen Alp, dem fränkischen Jura, dem Schwarzwalde, dem Harze und dem Thüringerwalde gebildet wird. In der Nähe von Basel ist die Lettenkohlengruppe sehr ausgebildet und setzt sich nach dem schweizerischen Jura hin fort, wo der Keuper in einzelnen Aufbrüchen zu Tage kommt. Im nordwestlichen Deutschland erfüllt der Keuper das Becken von Thüringen, die Mulde von Paderborn, den Raum zwischen dem Teutoburgerwalde und dem Weserthal, die Thalgründe von Göttingen, Eimbeck etc., folgt in schmalen Streifen dem Nordrande des Harzes, überall den Muschelkalk bedeckend und von diesem letzteren theilweise durchbrochen. §. 496.

Die triasische Gruppe im Allgemeinen ist in Frankreich nur wenig entwickelt. Sie bildet namentlich im Westen der Vogesen eine breite Zone, die in der Nähe der Kette selbst als bunter Sandstein hervorragt, während weiter nach Westen hin Muschelkalk und Keuper in Lothringen eine weite, thonige, feuchte Ebene bilden, deren Schichten allmälig unter das jurassische Band, welches das Pariser Becken umgiebt, sich hinabsenken. Auch hier lassen sich die triasischen Schichten in die drei Glieder zerlegen, welche in Deutschland so sehr verschieden sind; auch hier findet sich der Reichthum an Steinsalz in der Trias, allein merkwürdiger Weise nicht in dem Muschelkalke, sondern in den unteren Schichten des Keupers. Der bunte Sandstein verhält sich wie in Deutschland; auf ihm ruht der rauchgraue Kalk mit muscheligem Bruche und den bekannten Fossilien, über welchen graue, blätterige Mergel liegen, die mit dolomitischen Kalken wechseln und viele Reptilienknochen enthalten. Auf diesen Mergeln und Dolomiten liegen nun andere grüne, graublaue oder violette Mergel, zuweilen mit Ligniten (Lettenkohle), mit compactem Gypse und Anhydrit und grossen Mengen von eingestreutem Salze, das sich auch zuweilen in eigenen Schichten ansammelt. In diesen Mergeln findet sich, wie in Deutschland, ein eigenes Lager von dolomitischem Kalke ohne Fossilien, das vortrefflichen hydraulischen Kalk liefert und einen sehr constanten Horizont bildet, den wir oben als Beaumont's Horizont bezeichneten. Auf den Mergeln ruht ein gelblicher Sandstein, der offenbar dem Keupersandsteine entspricht. Das Steinsalz, das bei Dieuze und Vic besonders ausgebeutet wird, läge demnach in Lothringen in dem unteren Keupermergel. §. 497.

§. 498. Die Steinsalzschichten des unteren Keupers in Lothringen sind sehr häufig und meist durch Intervalle von Anhydrit, Gyps und Mergel, die selbst wieder mit Steinsalz durchdrungen sind, von einander getrennt. Ein Bohrloch bei Dieuze ergab folgenden Durchschnitt:

Obere Schichten ohne Salz	55,1	Meter.
1. Steinsalz	3,5	„
1. Erstes Intervall von Anhydrit, Gyps u. Mergel	0,8	„
2. Steinsalz	3,6	„
2. Intervall	0,2	„
3. Steinsalz	13,0	„
3. Intervall	2,3	„
4. Steinsalz	2,0	„
4. Intervall	4,1	„
5. Steinsalz	1,0	„
5. Intervall	1,2	„
6. Steinsalz	0,5	„
6. Intervall	3,7	„
7. Steinsalz	2,5	„
7. Intervall	4,3	„
8. Steinsalz	3,1	„
8. Intervall	3,5	„
9. Steinsalz	4,6	„
9. Intervall	2,6	„
10. Steinsalz	9,7	„
10. Intervall	0,2	„
11. Steinsalz	5,4	„
11. Intervall	50,1	„
12. Steinsalz	6,2	„
12. Intervall	3,4	„
13. Steinsalz	3,1	„
13. Intervall	19,3	„
Ganze Tiefe . . .	209,1	Meter.

Die Summe des Steinsalzes beträgt eine Mächtigkeit von 58,3 Metern. Die hauptsächlichste Ausbeute findet in der elften Steinsalzschicht von 5,4 Metern Dicke Statt.

§. 499. Die triasische Gruppe erstreckt sich südlich von Würtemberg noch in den schweizerischen Jura hinein und bildet hier überall, wo die darauf liegenden jurassischen Schichten bis in eine hinlängliche Tiefe gebrochen sind, den Grund der Einrisse. Der bunte Sandstein zeigt sich nur auf einer sehr kleinen Strecke auf dem linken Rheinufer in der Nähe von Basel, während auf dem rechten die mächtigen Massen des Schwarzwaldes ihm eine grössere Entwickelung geben. Er wird schwei-

zerischer Seits unmittelbar von den Schichten des Muschelkalkes überdeckt, dessen obere Theile nur zu Tage kommen. Der Wellenkalk zeigt sich nirgends in der Schweiz; dagegen der eigentliche Muschelkalk von Friedrichshall mit seinen rauchgrauen, compacten Lagern, dem muscheligen Bruche sehr häufig den Boden der Erhebungsthäler bildet, in deren Mitte sie als domförmige Schichten auftreten. Der Keuper zeigt sich in diesen Thälern über dem Muschelkalke in Gestalt kalkiger Mergel mit Concretionen und Thonnieren zuweilen in Schieferletten übergehend, von allen möglichen bunten Farben, Sand und Sandsteine, meist von sehr geringer Festigkeit. Die Keuperlager gehen mehr oder minder unmerklich in die Muschelkalkschichten über. Gypse und Dolomite sind sehr häufig im Keuper und werden mit Vortheil ausgebeutet. Steinsalz scheint überall in der triasischen Formation der Schweiz verbreitet; es wird bis jetzt nur auf der Saline Schweizerhall bei Basel-Angst am Ufer des Rheines ausgebeutet und scheint dort in unregelmässigen Massen und normalen Lagern im Gypse verbreitet.

Ganz in ähnlicher Weise zeigt sich die triasische Formation in §. 500.
einzelnen Punkten des französischen Jura, und zwar namentlich in der Nähe von Lons-le-Saunier und Salins. An dem letzteren Orte zeigt sich besonders der Keuper in drei Stockwerken entwickelt. Zu unterst liegen Salzthone und Steinsalz, deren Mächtigkeit man nicht genau kennt. Ueber diesen Salzthonen findet sich eine Schicht Dolomit von zwei bis fünf Metern Mächtigkeit und dann eine Reihe bunter Mergel oder plastischer Thone von vorwiegend braunrother Färbung, die mit dünnen Schichten schiefrigen oder faserigen, grauen oder rothen Gypses abwechseln. In ihrem unteren Theile sind diese Mergel nur undeutlich geschichtet, während nach oben hin die Schichtung stets deutlicher wird. Auf den Mergeln liegt eine Schicht schlechter Kohle, die zuweilen durch bituminösen Anhydrit ersetzt ist und höchstens ein Meter Mächtigkeit erreicht. Das mittlere Stockwerk dieser Keuperformation besteht aus ziemlich mächtigen Lagern von blauem und röthlichem compacten Gyps, der zuweilen Mandelstructur hat, und an dessen Basis der Horizont Beaumont's in Form eines grauen Dolomites entwickelt ist. Da indessen auch in der Mitte dieser Gypsbildung ein zweites Lager von Dolomit und Rauchwacke entwickelt ist, welches dem unteren in mineralogischem Verhalten ganz ähnlich sieht, und beide Dolomitlager keine Fossilien enthalten, so wird der Beaumont'sche Horizont als leitende Schicht sehr unsicher. Das oberste Stockwerk dieser Keuperbildung zeichnet sich besonders durch die Entwickelung der Thonmergel und der Sandsteine und durch vollständige Abwesenheit des Gypses aus. Zu unterst liegen hier bunte Mergel mit dünnen Schichten dolomitischer Kalke gemengt; auf sie folgen schwarze blätterige Thonschiefer, die viel Eisenerz enthalten und zuweilen selbst so

hart werden, dass sie Dachschiefern ähnlich sehen, und auf der Höhe der Formation endlich zeigen sich Schilfsandsteine mit vielen Pflanzenabdrücken, Quadersandsteine und Sandsteine mit kalkigem Bindemittel, welche mit sandigen Mergeln untermischt sind.

§. 501. In England bildet die Trias ein breites Band, welches sich im Osten des permischen Systemes längs des grossen nördlichen Kohlenbeckens hinzieht und zwischen Liverpool und Birmingham die älteren Gesteine so sehr überdeckt, dass es in der Nähe von Liverpool die westliche Meeresküste erreicht. Nach Süden setzt sich die Formation mit einzelnen Flecken, die aus dem bedeckenden Juragebilde auftauchen, über Bristol hin fort und lehnt sich auf die Schiefergesteine der Halbinsel von Cornwallis auf. Ueberall auf dieser ganzen Strecke schiessen die Triasgebilde nach Osten hin unter die Gesteine des Jura ein. Eine isolirte Insel, die ringum von dem nördlichen Kohlenbecken von den Uebergangsgesteinen Schottlands und dem Meere umschlossen wird, bildet die Trias in der Umgegend von Carlisle. An ihrer Basis erscheinen die Schichten der Trias aus Sandsteinen gebildet, welche dem bunten Sandsteine analog sind, aber aus Mangel an Fossilien nur schwer von dem permischen Systeme getrennt werden können. Der Muschelkalk fehlt gänzlich und der bunte Sandstein geht allmälig nach oben hin in bunte Mergel und Thone über, zwischen welchen untergeordnete Lager von Gyps, Steinsalz und schlechten Kohlen sich finden, so dass die unteren Schichten dieser bunten Mergel der Lettenkohle, die oberen dem eigentlichen Keuper parallelisirt werden können. Als letztes Glied dieser Formation, welche auch in England die hauptsächlichsten Salzquellen liefert, zeigt sich dieselbe Grenzbreccie wie in Würtemberg, die früher zu dem Lias gezählt wurde.

Trias in den Alpen.

§. 502. Die triasischen Gebilde lassen sich in den Alpen besonders im Osten des Rheinthales bis nach der Gegend von Wien hin verfolgen. Sie bilden zu beiden Seiten der krystallinischen und krystallinisch-schiefrigen Gesteine, welche die Kerne der Tyroler, Salzburger, Kärnthener und Krainer Alpen zusammensetzen, zwei Zonen, die aufs Engste mit den auflagernden jurassischen Gesteinen zusammenhängen. Die nördliche triasische Zone stellt ein fast überall zusammenhängendes Band dar, dessen westlicher Zipfel noch über den Rhein hinaus in die Glarner Berge vordringt — die südliche Zone, welche an dem Comersee beginnt, bietet häufigere Unterbrechungen dar, besonders durch die Ueberlagerung der jurassischen Gesteine bedingt, die unmittelbar an die krystallinischen Kerne anstossen. Doch findet man zwischen dem Comer- und Garda-See, im südlichen Tyrol, zwischen Lienz und Villach, bei Murau, Judenburg und Gratz triasische Flecken genug, welche

durch das Streichen ihrer Schichten beweisen, dass auch diese Zone eine durchaus zusammenhängende war.

An der Basis der Schichten tritt überall der bunte Sandstein hervor; — meist versteinerungslos, in Form grobkörniger Conglomerate, aus Gneiss- und Granitgeröllen zusammengesetzt, über welchen weisse und röthliche Quarzsandsteine von verschiedenem, stets feiner werdendem Korne liegen, die in ihren oberen Theilen mit rauhen, oft glimmerig oder talkig werdenden Thonschiefern von violetter, rother oder grüner Farbe wechsellagern. Man hat diese Sandsteine, Conglomerate und Thonschiefer, die oft ein fleckiges und flammiges Ansehen haben, mit dem Namen des Verrucano bezeichnet — eine Bezeichnung, die indessen mehr eine mineralogische, als eine geologische ist, indem solche Gesteine, welche aus der Zerstörung der früheren Oberfläche hervorgegangen sind, an der Basis verschiedener Formationen in den Alpen vorkommen und nur dann einen sicheren Anhaltspunkt für ihre Einreihung in die geologische Formation gewähren, wenn die Schichtenfolge unzweifelhaft ist oder Versteinerungen sich zeigen, die mit denen anderer Orte verglichen werden können. Indessen zeigen sich gerade in diesen rothen und gefleckten Sandsteinen der Ostalpen, sowohl in der nördlichen wie in der südlichen Zone, charakteristische Versteinerungen, wie *Posidonomya Clarae*, *Avicula Zeuschneri*, *Myacites Fassaensis*, *Araucarites Agordicus*, welche ihren Charakter als bunten Sandstein genügend feststellen. §. 503.

Ueber diesen Sandsteinen finden sich nun in der nördlichen Zone hohe Kalksteingebirge, deren genauere Scheidung noch nicht überall gelungen ist, da Versteinerungen meist fehlen, und die mit dem Namen des älteren Alpenkalkes bezeichnet wurden. Indessen liegen diese Kalkmassen, die im Salzkammergut besonders das steinerne Meer und den Dachstein bilden, unzweifelhaft auf dem rothen Sandstein und unter jüngerem Muschelkalk und Lias, so dass sie nur dem älteren Muschelkalke entsprechen können. §. 504.

Theilweise in, theilweise über diesem unteren Muschelkalke kommen die ebenfalls versteinerungslosen, stockförmigen Massen von Anhydrit, Gyps, Salzthon und Steinsalz vor, welche bei Hallein, Hallstadt, Ischl, Berchtesgaden, Aussee besonders ausgebeutet werden. Die Stöcke, welche von unten nach oben zwischen dem älteren Alpenkalk eingetrieben erscheinen, bestehen in ihrem Kerne aus bituminösen Salzthonen, in denen sich das Salz ersterweise ausscheidet. Man nennt diese Stöcke das Haselgebirge. Sie sind umgeben von dem sogenannten Lebergebirge — rothbraunen, graulichen oder schwärzlichen, krummblätterigen Schiefern von ausgezeichnetem Fettglanze, die allen Biegungen des Haselgebirges folgen, hier und da in dasselbe übergehen, aber von dem umgebenden Kalke stets scharf geschieden sind.

§. 505. Meist enge verbunden mit der Salzbildung, aber doch stets im Hangenden, also über demselben, findet sich ein rother Kalkstein, der besonders bei Hallstadt und Hallein viele Versteinerungen enthält, welche theilweise, wie namentlich *Ammonites Joannis Austriae*, *Ammonites Aon*, *Ammonites tornatus* vollkommen mit den in den Schichten von St. Cassian vorkommenden übereinstimmen.

Ueber diesen Kalken folgen dann unmittelbar die rothen oder grauen Ammonitenkalke, welche durch ihre Versteinerungen sich unzweifelhaft als dem Lias angehörend erweisen.

§. 506. Die Bildungen der südlichen Nebenzonen sind noch ausführlicher untersucht worden, als diejenigen der nördlichen, da man einestheils durch die ungeheuren Dolomitmassen, welche dort auftreten, aufmerksam geworden war, und anderentheils namentlich bei St. Cassian und an der Seisser-Alp äusserst versteinerungsreiche Schichten gefunden hatte, in welchen auf den ersten Blick eine seltsame Mischung von älteren und neueren Formen, wie z. B. von Orthoceren und Ammoniten sich zeigte. Genauere Untersuchungen haben nun hier, sowie bei Recoaro und Agordo folgende Verhältnisse ergeben.

Ueber dem bunten Sandsteine, der auch hier überall die angeführten Versteinerungen enthält, liegen zuerst kalkige Schichten von dünnschiefriger Structur, die dem Wellenkalke sehr ähnlich sehen und dieselben Versteinerungen enthalten, wie die darunter liegenden Sandsteine. Diese Schiefer gehen bald allmälig, bald durch ein Lager von rothen thonigen Mergeln und Thonschiefern, die viele Versteinerungen enthalten, in eine mächtige Kalkmasse über, welche viele locale Variationen zeigt, indem die Kalkschichten bald dünn geschichtet, bald schiefrig, bald mit Hornsteinknollen überladen sind oder auch bituminös werden und in gelblichen Dolomit übergehen; alle diese wohlgeschichteten Kalksteinmassen enthalten häufig die gewöhnlichen Versteinerungen des ächten Muschelkalkes wie *Encrinus liliformis*, *Trigonia vulgaris*, *Terebratula vulgaris* u. s. w.

Ueber diesen Kalksteinmassen liegt eine Gruppe dünnerer kalkiger Mergelschiefer, die meistens schwärzlich und bituminös sind, und die man unter dem Namen der Schichten von Wengen unterschieden hat. Diese Schiefer enthalten in ungeheurer Anzahl die *Halobia Lommelii*, weshalb man sie auch Halobienschiefer genannt hat.

§. 507. Als letztes Glied der ganzen Bildung findet man endlich unmittelbar an dem Fusse der senkrecht aufsteigenden weissen Dolomitmauern, die aus der Umwandlung jurassischer Kalke hervorgegangen sind, grauliche oder bläuliche Mergelschiefer und Thonmergel, die eine Unzahl von Versteinerungen enthalten und unter dem Namen der Schichten von St. Cassian bekannt sind. Die Versteinerungen dieser Schichten zeichnen sich besonders durch ihren Mischlingscharakter aus, indem neben Orthoceren und Goniatiten, welche in der poläozoischen Zeit die

hauptsächlichsten Vertreter der Nautilen und Ammoniten waren, die der Trias eigenthümlich zustehenden Ceratiten und besondere Ammoniten vorkommen, von denen man bisher noch keine Spuren in der Trias, sondern nur vielfache Arten von dem Lias an aufwärts gefunden hatte. Aehnliche Mischverhältnisse zeigen sich auch namentlich in den Brachiopoden, indem hier Producten- und Orthisarten äusserst häufig vorkommen. Im Uebrigen zeichnet sich die Fauna von St. Cassian besonders durch ihren Reichthum an Schnecken und an Polypen aus, was um so mehr überrascht, als Polypen und Korallen in dem eigentlichen Muschelkalke eigentlich gar nicht vorkommen.

Es ist vielfach hin und her gestritten worden über die Frage, wo man namentlich diese Schichten von St. Cassian einreihen müsse. Die Einen wollten dieselben ihres Gehaltes an älteren Formen wegen tief in der geologischen Reihe hinabdrücken, während Andere im Gegentheile, die Ammoniten vorzugsweise berücksichtigend, sie den Juraschichten anreihen wollten. Die Lagerung indessen, in welcher sich diese Schichten regelmässig finden, sowie gerade die eigenthümliche Mischung der petrefacten Formen weisen unzweifelhaft nach, dass die Schichten von St. Cassian wirklich nur eine dem Keuper entsprechende reine Meeresablagerung sind, und dass hier dasselbe Verhältniss sich wiederholt, wie zwischen den bunten Sandsteinen und dem Muschelkalke, die ebenfalls zwei Schichtenreihen darstellen, welche im Grunde derselben Periode angehören, und von denen die eine mehr dem festen Lande, die andere dem Meere angehört.

Als besonders häufige oder charakteristische Versteinerungen verdienen genannt zu werden: §. 508.

Im bunten Sandsteine:

Calamites Mougeoti.
Equisetites.
Aethophyllum speciosum. Fig. 249. *Stipulare.*
Neuropteris elegans. Fig. 247, 248.
Voltzia heterophylla. Fig. 251, 252.
Albertia elliptica. Fig. 250.
Anomopteris.
Acrodus Braunii.
Placodus impressus.
Trematosaurus.
Nothosaurus Schimperi.

Im Muschelkalke:

Encrinus liliformis. Fig. 254.
Ophiura prisca; scutellata.
Ostrea placunoides, Schübleri.

Pecten discites, *laevigatus.* Fig. 257.
Lima striata.
Avicula socialis, Fig. 262, *Braunii.*
Myophoria vulgaris, *lineata.* Fig. 260.
Terebratula vulgaris. Fig. 261.
Turritella realata.
Nautilus bidorsatus.
Ceratites nodosus. Fig. 265.
Rhyncholithus hirundo.
Pemphix Sueuri.
Acrodus Gaillardoti.
Ceratodus heteromorphus.
Hybodus Mougeoti, *major.*
Saurichthys apicalis, *costatus.*
Placodus gigas, *Münsteri*, *Andriani.* Fig. 268.
Nothosaurus, mehre Arten.
Simosaurus.

Im Keuper:

Calamites arenaceus.
Equisetites.
Pterophyllum Jaegeri, *Münsteri.*
Nilssonia.
Posidonia minuta.
Mastodonsaurus. Fig. 271 — 274.
Capitosaurus.

Im Gebilde von St. Cassian:

Halobia Lommeli. Fig. 259.
Posidonia Clarae. Fig. 258.
Avicula Zeuschneri.
Plicatula obliqua.
Monotis salinaria.
Myacites Fassaensis.
Ceratites Cassianus, *modestus.*
Pentacrinus laevigatus.
Encrinus varians.
Cidaris dorsata.
Nucula lineata.
Goniatites nautilinus.
Ammonites Aon, *Joannis Austriae*, *tornatus.* Fig. 264.
Orthoceras dubium, *alveolare.*

§. 509. Die **Flora** des triasischen Systemes hat einen gewissen Mischlingscharakter, indem einerseits die Farrenkräuter und zwar fast die-

selben Gattungen, wie in der Kohlenperiode, noch bedeutend vorwiegen, Fig. 247 und 248, andererseits aber die nacktsamigen Dikotyledonen, die Nadelholzbäume, sich bedeutend mehren und dadurch einen Uebergang zu den jurassischen Schichten machen, in deren Wäldern sie das entschiedene Uebergewicht haben. Der bunte Sandstein zeichnet sich an einigen wenigen Orten, wie namentlich in der Nähe von Strassburg, durch seinen Pflanzenreichthum aus, der bis auf einige dreissig Arten ansteigt; im Muschelkalke finden sich nur höchst selten Pflanzen, da er eine Meeresbildung ist, während in dem Keuper, und namentlich in dem Schilfsandsteine, über 60 charakteristische Arten sich finden, die mit denen des bunten Sandsteines nichts gemein haben, als den allgemeinen Habitus.

Fig. 247.



Neuropteris elegans.
Aus dem bunten Sandsteine.

Fig. 248.



Ein Blatt vergrössert.

In der Familie der schon früher besprochenen Schachtelhalme zeichnet sich besonders die Gattung *Calamites* aus, von welcher eine Art, *Calamites arenaceus*, im bunten Sandsteine der Vogesen und der Haardt, in der Lettenkohle Sachsens, Würtembergs, des Schwarzwaldes und noch häufiger im Keuper fast an allen Orten getroffen wird. Den Calamiten nahe verwandt ist die Gattung *Equisetites*, die indessen auch den wirklichen Schachtelhalmen der Jetztwelt noch näher steht und nur durch den baumartigen Habitus sich von diesen unterscheidet. Die Equisetiten haben gliederweis abgesetzte Stämme, welche längsgestreift sind und deren Gliederknoten ebenfalls Längsstreifen zeigen. Die Glieder sind gänzlich von einer sie rings umfassenden aufrecht anliegenden häutigen Scheide umgeben, welche an ihrem oberen freien Rande in mehr oder weniger lange, breite oder spitze Zähne ausgezackt ist, zwischen welchen Falten herablaufen, die noch über den nächsten Stiel des Stengels hin verfolgt werden können. Dicht unter den Gliederknoten finden sich Ansatzpunkte von Aesten, die aber immer abgebrochen sind und nur aus den vorhandenen Narben noch erkannt werden

können. Der Blüthenstand besteht aus einem langen Kolben, der aus sechseckigen Scheiben zusammengesetzt ist.

§. 510. *Aethophyllum*, Fig. 249, hat man eine eigenthümliche rohrartige Pflanze genannt, die gerade, ästige Holzstengel hat, welche an ihrer Spitze in eine lange, dichte Aehre endigen. Die gleich langen einfachen Aeste entspringen aus den Achseln sehr langer, linienförmiger, mit parallelen feinen Längsstreifen versehener Blätter und tragen jeder an seiner Spitze ebenfalls ährenartige Blüthenkolben, die aus aufwärts gekehrten Blättchen von schmaler Lanzettform zusammengesetzt sind, in deren Achseln sehr kleine eiförmige Samen stecken. Die Form dieser Blüthenähren gleicht derjenigen der Rohre und Riedgräser, von denen sich die Pflanze indess wieder durch ihre Verästelung unterscheidet. Die Botaniker sind zweifelhaft, ob sie dieselben zu den eigentlichen Gräsern oder zu den Typhaceen zählen sollen. Die Abbildung ist nach einem etwa sechs Fuss hohen Stamme, der sich in dem Museum von Strassburg befindet, verkleinert.

Fig. 249.



Aethophyllum speciosum.
Aus den Vogesen.

§. 511. Die Ordnung der Nacktsamer oder Gymnospermen, zu welcher unsere Nadelhölzer gehören, unterscheidet sich durch ihren holzigen Stengel, dessen Holzkörper aus meist scharf geschiedenen concentrischen Ringen ohne Spiralgefässe mit porösen Zellen und Markstrahlen besteht, und durch den Fruchtstand, welcher stets aus Zapfen gebildet wird, in deren Schuppen nackte, unbedeckte Samen liegen. Durch die Structur ihres Holzkörpers nähert sich dieser Kreis von Pflanzen, welche nur wenige Familien haben, den gewöhnlichen Dikotyledonen, während Blüthe und Fruchtstand sie sogar den Farren-

kräutern näher bringen. In paläontologischer Hinsicht sind besonders die Stämme und die Blätter wichtig.

In der Familie der Cycadeen findet man Bäume von einem bis zu zehn Metern Stammhöhe, die stets ungeästelt sind und in ähnlicher Weise wie die Farrenkräuter an der Spitze einen Busch von Blättern tragen. Die Stämme bestehen im Inneren aus einem grossen centralen Markkörper, durch welchen unregelmässig vertheilte Gefässbündel aufsteigen, und aus einem geschlossenen Holzcylinder, dessen concentrische Lagen oft durch mehr oder minder vollständige Ringe von Mark von einander getrennt und von Markstrahlen durchschnitten werden. Aus diesem Holzcylinder treten die Gefässbündel heraus, welche in die Blätter übergehen, die bei ihrem Abfallen an der Oberfläche des Stammes rautenförmige, in Spiralen gestellte Narben hinterlassen. Die Blätter selbst sind gefiedert, nur selten gefingert, starr, holzig und vor ihrer Entfaltung wie bei den Farrenkräutern spiralig eingerollt. An der Spindel des Blattstieles sitzen die verschieden gestalteten Fiederblättchen stets ohne Stiel mit ihrer Basis fest. Die Nervenvertheilung in diesen Blättchen ist gewöhnlich einfach parallel oder wenig fächerartig.

Die Gattung *Pterophyllum* (s. Fig. 293, S. 450) hat gefiederte Wedel mit meist langen, geradlinigten Fiederblättchen, die mit der ganzen Breite ihrer Basis an den Blattstiel angewachsen sind und am Ende spitz zulaufen oder kurz abgestutzt sind. Die Nerven sind einander an Dicke gleich, einfach, parallel, meist nicht sehr deutlich, und die einzelnen Blätter können mit ihrem langen Stiele bis zu zwei Fuss Länge erreichen. Mehre Arten, wie z. B. *Pterophyllum Jaegeri*, sind charakteristisch für den Schilfsandstein des Keupers.

Zu der Familie der Tannen, *Abietineae*, deren nadelförmig zu- §. 512.
gespitzte Blätter, verästelte Stämme mit deutlichen Holzringen, porösen Zellen und Harzgängen und eigenthümlicher, aus Kätzchen und Zapfen bestehender Fruchtstand hinlängliche Unterscheidungsmerkmale bieten, und deren Habitus überdem durch eigene Anschauung Jedermann bekannt ist, gehört die Gattung *Albertia*, Fig. 250 a. f. S., Nadelholzbäume mit meist eirunden, breiten, abgestumpften Blättern, die in horizontalen Reihen um den Ast stehen, mit ihrer verengten Basis denselben unvollständig umfassen und etwas herablaufen. Sie tragen kleine, eirunde, männliche Kätzchen, die mit ausdauernden Deckschuppen besetzt sind, und längliche Fruchtzapfen mit dreieckigen, lang zugespitzten, lederartigen Schuppen, unter denen je ein geflügelter Same sitzt. Diese fossilen, bis jetzt nur in bunten Sandsteinen gefundenen Nadelhölzer scheinen dem Genus *Agathis* aus Ostindien am meisten nahe zu kommen.

Die Familie der Cypressen unterscheidet sich von den Tannen §. 513.
hauptsächlich durch ihre Zapfen, die aus nur wenigen Schuppen von

holziger oder fleischiger Natur gebildet sind. Diese Schuppen schliessen gewöhnlich fest aneinander und bilden eine Art von Steinfrucht; die Blätter sind nadelförmig und stehen in Wirbeln. Die Porenzellen des Holzes sind dickwandig mit nur einer senkrechten Porenreihe und die Markstrahlen einfach. Zu dieser Familie gehören die Voltzien, Fig. 251 und 252, welche, nach der grossen Menge ihrer Ueberreste

Fig. 250.



Albertia elliptica.
Aus den Vogesen (Bad Sulz).

Fig. 251.



Voltzia heterophylla.
Aus den Vogesen.

zu schliessen, die hauptsächlichsten Bäume in dem Triaswalde der Vogesen bildeten und eine bedeutende Höhe erreichten, wie die aufgefundenen Holzstücke bezeugen. Sie kommen den Araucarien, welche sich jetzt nur noch in tropischen Gegenden finden, am nächsten und haben fiederständige Zweige und nadelförmige Blätter, die bei derselben Art und sogar auf demselben Zweige von sehr verschiedener Gestalt sein können, bald mehr kurz, schuppenartig und breit, bald mehr lang in Form gerader oder etwas sichelförmig gebogener Nadeln. Die männlichen Blüthen bilden einfache, ovale, kurzgestielte Kätzchen mit spatelförmigen Schuppen, deren Spitzchen wie Dachziegel übereinander liegen; die Zapfen weitschichtig gedeckte Fruchtkegel mit holzigen Schuppen, die an der Basis sehr schmal sind, sich aber dann handförmig ausbreiten und in

drei oder fünf Lappen auslaufen; jeder dieser Lappen ist die Endigung

Fig. 252.



Voltzia heterophylla. Aus den Vogesen. Endzweige, Mittelzweige und Fruchtzweige.

Fig. 254.



Encrinus liliiformis (*entrocha*). Darunter ein einzelnes Stielglied von der Gelenkfläche aus.

eines erhabenen Längskieles, der über die Schuppe wegläuft.

Fig. 253.



Stellispongia variabilis.

Unter den Schwämmen zeichnet sich die Gattung *Stellispongia*, Fig. 253, aus, unförmliche Massen mit zerstreuten kleinen Oeffnungen, von denen feine gebogene Sternstrahlen ausgehen.

Die Fauna der Trias tritt uns hauptsächlich nur in dem Muschelkalke und in dem Gebilde von St. Cassian entgegen. Der eigentliche Keuper enthält nur wenige, der bunte Sandstein nur hier und da als Seltenheit eine Thierversteinerung, die aus beiden Sandsteinformationen wesentlich den Reptilien und Amphibien angehören. §. 514.

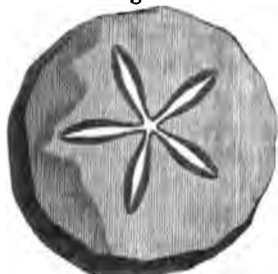
Unter den Strahlthieren erwähnen wir besonders der Gattung *Encrinus*, Fig. 254, von welcher eine Art, die hier abgebildete, in solcher Häufigkeit in dem Muschelkalke vorkommt, dass ihre Stielglieder ganze Schichten zusammensetzen. Die Stielsäule dieser Seelilie

ist drehrund mit mittlerem Centralcanal, die Glieder durch wenige, tiefe, einfache und kurze Gelenkstrahlen in einander gelenkt und dadurch leicht unterscheidbar, dass die Strahlen gegen den Centralcanal hin gänzlich aufhören und die Mitte der Säulenglieder freilassen. In dem oberen Theile der Säule namentlich wechseln einzelne grössere Glieder, die ringartig vorstehen, mit kleineren. Die Glieder sind bei Weitem dicker im Verhältniss, als bei den meisten anderen Seelilien. Der obere Theil dieser Encriniten gleicht in der That durch die stets zusammengefalteten Arme einer noch geschlossenen Lilie. Das Becken besteht aus fünf Tafeln, ist aber so tief eingesenkt, dass es meist von der Seite her nicht sichtbar ist. Der Becher selbst besteht aus zwei Reihen von je fünf Tafeln, deren letzte Reihe zehn Arme trägt, die sich wieder wenigstens einmal theilen und aus rosenkranzartig übereinander liegenden Stücken bestehen, an welchen die nach innen gerichteten Fangfibern sitzen. Die abgebildete Art ist durchaus charakteristisch für den Muschelkalk.

Seesterne und Schlangensterne sind beide in den Schichten des Muschelkalkes ziemlich häufig vertreten. Von den ersteren bilden wir hier die Gattung *Pleuraster*, Fig. 255, ab, welche eine sehr kleine Mittelscheibe und verhältnissmässig sehr lange zusammengedrückte Arme hat, welche am äusseren Rande von einer einzigen Reihe stacheliger Täfelchen eingefasst werden.

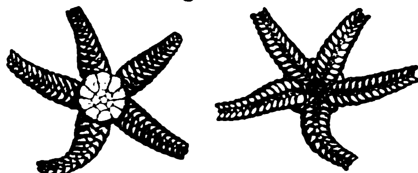
Bei der Ophiurengattung *Aspidura*, Fig. 256, ist die Scheibe aus

Fig. 255.



Pleuraster obtusus.

Fig. 256.



Aspidura loricata.

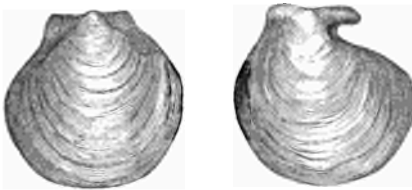
zehn Randstücken zusammengesetzt und die Arme aus vier Reihen alternirender Tafeln, von welchen die mittleren weit kleiner als die äusseren sind.

§. 515. Die Polypen fehlen merkwürdiger Weise ganz in dem Muschelkalke und treten nur im Gebilde von St. Cassian mit verschiedenen Arten auf, die indess niemals so gross oder so häufig werden, dass sie förmliche Korallenbänke und Riffe bilden, wie dies in der devonischen Zeit statthatte und wie wir es in der jurassischen Epoche in seiner höchsten Entwickelung sehen werden. Es scheint daraus hervorzugehen,

dass die Meere der ganzen triasischen Zeit besondere Eigenthümlichkeiten zeigten, welche von denen anderer Epochen einigermaassen abwichen; obgleich auf der anderen Seite die Häufigkeit der Muscheln und der Muschelbänke, von welchen eben der Muschelkalk seinen charakteristischen Namen erhalten hat, durchaus nicht zu einem solchen Schlusse berechtigen würde. Indessen ist noch besonders darauf aufmerksam zu machen, dass im Ganzen die Trias doch nur wenige Arten von Muscheln im Verhältniss zu anderen Formationen besitzt, dass aber diese Arten, wenn einmal vorhanden, in ungemein grosser Quantität vorkommen und stellenweise ganze Schichten zusammensetzen. Wir erwähnen unter diesen Bänke bildenden Muscheln besonders folgende, welche auch durch ihre weite Verbreitung über grosse Länderstrecken hin als Leitmuscheln dienen können.

Die Familie der Kammmuscheln (*Pectinida*) tritt schon in dem devonischen Systeme auf, aber nur mit sehr wenigen Arten, während sie hier einige charakteristische Leitmuscheln zeigt, Fig. 257. Sie haben regelmässige, freie, feste Schalen, die gewöhnlich fast gleichseitig sind und in ihren Klappen nur eine geringe Verschiedenheit darbieten. Ein einziger querer Muskeleindruck findet sich auf der hinteren Seite einer jeden Klappe, und das Schlossband ist stets im Inneren angebracht, inmitten des Schlossfeldes selber. Die Gattung *Pecten*, welcher die hier abgebildete Art angehört, hat niedergedrückte, gleichseitige, etwas ungleichklappige Schalen, die fast immer mit Fächerfalten geziert sind; der Schlossrand ist geradlinigt, quer abgestutzt, jede Schale mit zwei mehr oder minder vorstehenden, ungleichen Ohren versehen. Die Buckel der Schale liegen aneinander, das Schloss ist durchaus zahnlos und glatt, das Schlossband in seiner Mitte ganz innerlich in einer dreieckigen Vertiefung angebracht. Eines der Ohren ist meist etwas tiefer ausgeschnitten als das andere, so dass eine Oeffnung für einen kleineren Byssus an dem hinteren Rande sich findet. Die Schalen der Pectenarten sind meist regelmässig divergirend gestreift, zuweilen glatt, in anderen Fällen gegittert, sie sind meist dünn, aber fest und wohl erhalten; der einfache Muskeleindruck ist gross, rund und nahe an der Mitte des Vorderrandes gelegen. §. 516.

Fig. 257.



Pecten laevigatus.
Aus dem deutschen Muschelkalke.

Aus der Familie der Vogelmuscheln (*Aviculida*) bilden wir zwei Gattungen ab, von denen die eine Art (*Posidonomya Clarae*) §. 517.

Fig. 258, charakteristisch ist für die unter den St. Cassianer Mergeln liegenden rothen Schichten Die Gattung *Halobia*, Fig. 259, der die

Fig. 258.



Posidonomya Clarae.
Aus den Posidonienschiefern der alpinischen Trias.

Fig. 259.



Halobia Lommeli.
Aus den Schiefern von Wengen.

andere Art angehört, unterscheidet sich nur durch den Mangel der ohrförmigen Schlossfortsätze von *Posidonomya.*

§. 518. Die Familie der Dreieckmuscheln (*Trigonida*) hat dicke Muscheln mit starker Perlmutterschicht, die regelmässig, vollkommen gleichschalig, aber ungleichseitig sind; indem die vordere Hälfte abgestutzt erscheint. Die Wirbel sind hoch, hakenförmig eingebogen, das Schlossband äusserlich. Das Schloss selbst bildet ein so festes Charnier, dass die Muscheln im Tode selbst nicht klaffen. Auf der rechten Seite befinden sich zwei grosse, in Winkel gestellte Zähne, die auf beiden Seiten gekerbt sind und welchen auf der linken Seite ein mittlerer dreieckiger Vorsprung und zwei innerlich gekerbte Seitenzähne entsprechen, so dass das zusammengefügte Schloss etwa eine Figur bildet, wie wenn man mit den drei mittleren Fingern der linken Hand den eingeknickten Zeige- und Mittelfinger der rechten Hand umfasst. Die Gattung *Myophoria*, Fig. 260, die nur auf die Trias beschränkt ist, unterscheidet sich von den eigentlichen Trigonien nur durch ihre glatte Oberfläche und durch die nach vorn gebogenen Buckel der Schale, sowie durch die undeutlichere Kerbung der Schlosszähne, die man früher ganz übersehen hatte, während sie doch in der That vorhanden ist.

Fig. 260.



Myophoria lineata

Aus schon früher erwähnten Gattungen und Familien bilden wir einige ausserordentlich häufig vorkommende Arten ab, Fig. 261 und 262, deren weite Verbreitung ihnen einen wesentlichen Rang als Leitmuscheln sichert.

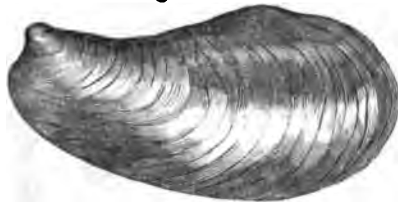
Unter den Schnecken, die indessen im Muschelkalke nicht häu- §. 519.

Fig. 261.



Terebratula vulgaris.

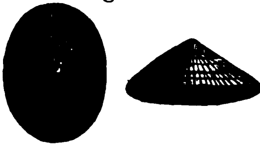
Fig. 262.



Avicula socialis.

fig sind, erwähnen wir die Gattung *Helcion*, Fig. 263, dünne kegelförmige Schalen, die fast glatt oder nur sehr fein gestreift sind und sich von den Patellen nur durch den Mangel dickerer Strahlenrippen unterscheiden.

Fig. 263.



Helcion lineatus.

Die Cephalopoden sind in dem §. 520.
Muschelkalke durch einige sehr charakteristische Arten repräsentirt. Die eigentliche Gattung *Nautilus* erwähnen wir hier zuerst, obgleich sie schon von dem devonischen Systeme her in allen Schichten verbreitet ist. Sie unterscheidet sich von den übrigen Gattungen derselben Familie durch die in derselben Ebene aufgerollte Schale, deren Windungen sich zu allen Zeiten berühren und meist so umfassen, dass die letzte Windung alle übrigen verdeckt. Die Kammerwände sind concav, einfach geschwungen, der Sipho in der Mitte gelegen. Die für den Muschelkalk charakteristische Art, der *Nautilus bidorsatus*, gehört einer der Trias eigenthümlichen Gruppe an, die man die Moniliferen genannt hat und deren Sipho zwischen den Scheidewänden jedesmal anschwillt, so dass er im Ganzen die Figur eines Rosenkranzes erhält.

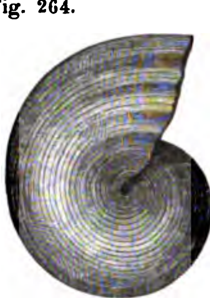
Die Familie der Ammoniten ist in der Trias wesentlich repräsentirt durch die eigenthümliche Gattung *Ceratites*, Fig. 265 a. f. S., welche sich dadurch von allen anderen Ammoniten unterscheidet, dass die Loben der Kammerwände gezähnt, die Sättel aber glatt sind. Loben und Sättel sind ungetheilt, halbkreisförmig und die Schale regelmässig spiralig gewunden, mit aneinander liegenden Umgängen, welche sich indess nicht vollständig einhüllen und so den Nabel sehen lassen. Es bildet diese Gattung ein interessantes Uebergangsglied zwischen den Goniatiten der älteren Schichten, die nur glatte Loben und Sättel besitzen, und den ächten Ammoniten, von welchen sich einige schon im

Gebilde von St. Cassian vorfinden, während die anderen alle erst von dem jurassischen Systeme an ihre Hauptentwickelung erreichen.

Ausser den Ceratiten kommen bei St. Cassian noch eigentliche Ammoniten vor, Fig. 264, der Familie der *Globosi* angehörend, meist sehr dick, rund und aufgetrieben, mit parallel entwickelten Loben.

Fig. 264.





Ammonites tornatus.
Aus den Schichten von St. Cassian.

Fig. 265.



Ceratites nodosus.
Von der Seite und vom Rücken.

In den triasischen Schichten hat man zuerst Versteinerungen gefunden, welche unzweifelhaft Schnäbel von Cephalopoden darstellen. Obgleich man noch nicht weiss, welche Gestalt diese Cephalopoden besassen, so ist es doch wahrscheinlich, dass es nackte Kopffüssler waren, ähnlich den jetzigen Dintenfischen oder denjenigen Thieren, welchen die Belemniten angehören, dass sie aber keine anderen festen Theile besassen, welche bei der Versteinerung zurückbleiben konnten.

§. 521. Die Crustaceen der Trias zeichnen sich vor denen älterer Gebilde insofern aus, dass die Trilobiten durchaus verschwunden sind und dass ausser einigen noch unvollständig gekannten krebsartigen Thieren, von welchen man nicht recht weiss, ob sie zu den Molukkenkrebsen oder zu den Kiemenfüssern gehören, nur langschwänzige zehnfüssige Krebse vorkommen, die in ihrer Gestalt viele Aehnlichkeit mit dem gewöhnlichen Flusskrebse und dem Hummer haben. Der Cephalothorax der Gattung *Pemphix* ist fast walzenförmig, dick; durch drei tiefe Quereinschnitte in Unterabtheilungen zerlegt; mit Dornen und körnigen Höckern versehen und nach vorn in einen lanzettförmigen Schnabel verlängert. Der siebengliederige Hinterleib hat gleich grosse quergefurchte Glieder. Die äusseren Fühlhörner sind dick, lang, rundlich; die inneren doppelt. Die Scheeren sind ziemlich massiv; die Zange dünn, stark gekrümmt und weit von einander abstehend, auf kurzem, dickem Handgliede befestigt; die anderen Füsse sehr schwach, dünn und mit zarten Endscheeren versehen.

Füsse und Antennen sind nur sehr selten erhalten; die Bruchstücke des Rumpfes und Hinterleibes aber sehr charakteristisch für den Muschelkalk.

Unter den für die Trias charakteristischen Fischen sind namentlich einige Arten des Genus *Hybodus*, Fig. 266, zu nennen, das in dem Muschelkalke zuerst anfängt und in der Kreide ausstirbt. Die Hybodonten waren haiartige Knorpelfische mit stumpfen Kegelzähnen und knochigen Stacheln in den Rückenflossen, von welchen bei der Versteinerung nur Zähne und Stacheln übrig bleiben konnten. Die Stacheln sind meist sehr gross, etwas gebogen, unten dick, oben spitzig; die Basis des Stachels, welche im Fleische stak, ist meist fein gestreift, hinten offen und schief abgestutzt, etwa wie eine Schreibfeder; der Theil, welcher frei an der Flosse vorragte, hat starke, parallele Längsstreifen, ist hinten quer abgestutzt und mit zwei Reihen mehr oder minder starker Zähne besetzt. §. 522.

Fig. 266.

Rückenstachel von *Hybodus tenuis*. Aus d. Muschelkalke.

Die Zähne der Hybodusarten, Fig. 267, haben einen rundlichen, innen abgeplatteten, mittleren Kegel, mehr oder minder zugespitzt, auf dessen beiden Seiten kleinere, secundäre Kegel stehen, deren Grösse nach beiden Seiten hin von dem Mittelkegel her abnimmt. Der Schmelz bildet an der Basis der Krone sehr deutliche, gerade Längsstreifen; die Wurzel ist breit, schwammig und porös, wie bei allen Knorpelfischen.

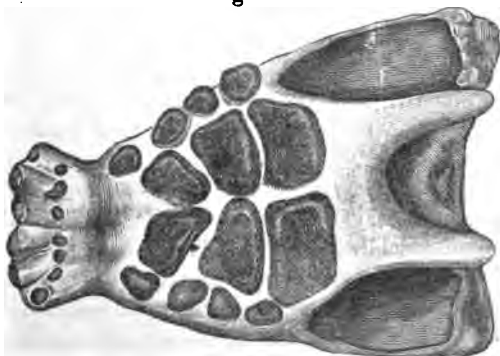
Fig. 267.



Zahn von *Hybodus plicatilis*.

Ein der Trias ganz eigenthümliches Genus von Fischen, das man bis jetzt nur durch die Zähne und durch einige Knochenstücke kennt, ist das Genus *Placodus*, Fig. 268. Diese Fische hatten vorn kleine kegelförmige oder meisselförmige §. 523.

Fig. 268.



Ein ganzer Gaumen von *Placodus Andriani*. Aus dem Muschelkalke von Bamberg. Die Mahlzähne sind erhalten, die Schneidezähne ausgefallen.

Schneidezähne, die indess ziemlich stumpf waren, während der Gaumen und die hinteren Theile der Unterkiefer mit breiten, platten, nur wenig erhabenen Mahlzähnen besetzt waren. Diese Art der Bezahnung lässt vermuthen, dass sich die Placoden von harten Schalthieren, Muscheln und Crustaceen nährten.

§. 524. In dem Muschelkalke kommen eine Menge kleiner kegelförmiger Zähne vor, die man früher für Reptilienzähne hielt, bis man sich bei genauerer Untersuchung überzeugte, dass sie Fischen angehört haben müssen. Diese Zähne, die den generischen Namen *Saurichthys*, Fig. 269, erhielten, besitzen alle eine kegelförmige, gefaltete Wurzel, die theilweise in einer Rinne des Kiefers verbogen war und wahrscheinlich bis obenhin vom Zahnfleische umhüllt wurde; auf dieser Wurzel ruht eine kleine, spitze, kegelförmige Krone, die durchaus glatt ist und ziemlich leicht abbricht.

Fig. 269.



Zahn von *Saurichthys Mougeoti.*

In denselben Breccien, in welchen die oben erwähnten Zähne sehr häufig vorkommen, finden sich auch einzelne lose Knochenschuppen, welche offenbar Ganoidfischen angehört haben. Diese Schuppen, die man unter dem generischen Namen *Gyrolepis*, Fig. 270, unterschieden hat, die aber der Gattung *Amblypterus* angehören, sind rhomboidal, mit einer dicken Schicht von Schmelz überzogen und durch dicke Falten, die meist parallel laufen, auf der Oberfläche geziert. Sie haben starke Haken, womit die einzelnen Schuppen unter einander eingelenkt waren.

Fig. 270.



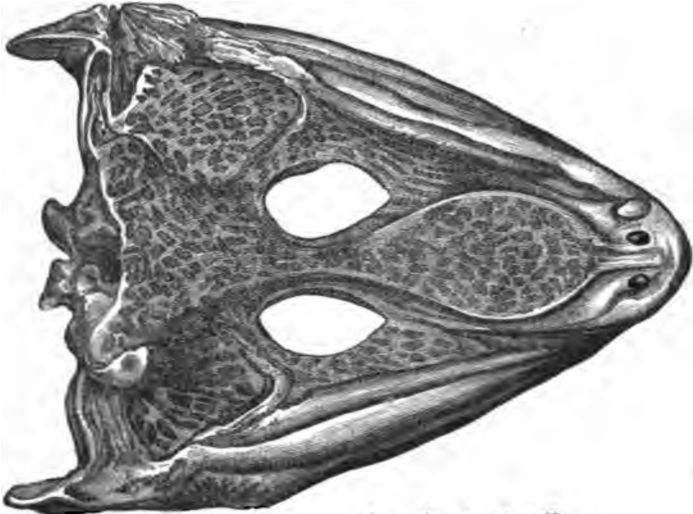
Schuppe v. *Amblypterus* (*Gyrolepis*) *Alberti.*

Im Allgemeinen sind die Fischreste des Muschelkalkes wenig günstig zum Studium, da man meist nur einzelne Fragmente, keine im Ganzen erhaltene Individuen findet.

§. 525. Zu der höchst merkwürdigen Familie der Labyrinthodonten oder Wickelzähner, von welcher wir schon vorher einige Gattungen in dem devonischen Systeme und in dem Kohlengebirge kennen gelernt haben, gehören eine Menge von Ueberresten aus allen drei Schichtengruppen der Trias, die man häufig als Eidechsen betrachtet hat, während es jetzt wohl ausser allem Zweifel ist, dass sie eine besondere Gruppe der Amphibien darstellen, welche zwar einige Charaktere mit den Eidechsen gemein hat, sonst aber sich den Blindwühlen und Molchen am nächsten anschliesst. Diese Thiere hatten einen runzlichen, abgeplatteten Schädel, dessen obere Bedeckung aus Knochenplatten besteht, welche häufige Gruben und Sculpturen zeigen, die für die Arten charakteristisch sind. Die Schläfengruben sind gänzlich durch Knochenschuppen verdeckt, so dass man auf der Oberfläche des Schädels nur vorn in der Nähe des Kieferrandes die kleinen Nasenlöcher, etwa

in der Mitte die grossen, nach oben gerichteten Augenhöhlen und in der Nähe des Hinterhauptes oft ein kleines mittleres Scheitelloch erblickt. Zuweilen zeigen sich auch vorn im Schädel zwei Löcher zum Durchlassen der grösseren Fangzähne des Unterkiefers. Eine

Fig. 271.



Schädel von *Mastodonsaurus Jaegeri*. Aus dem Keuper.

Fig. 272.



Zahn von *Mastodonsaurus Jaegeri*.

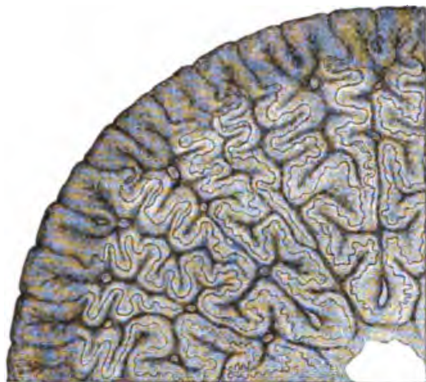
Fig. 273.



Durchschnitt eines Zahnes, vergrössert.

eigenthümliche Furche, die wahrscheinlich einen Schleimcanal beherbergte, läuft jederseits von dem Auge zur Nase und bildet eine gekrümmte Bogenlinie, so dass beide Furchen die Figur einer Brille darstellen. Auf der unteren Seite des Schädels zeichnen sich besonders die ausserordentlich grossen Gaumenlöcher aus. Von besonderer Wichtigkeit für die Einreihung dieser Reste in die zoologische Classification ist noch der Umstand, dass das Hinterhauptgelenk zwei wohlgetrennte seitliche Gelenkköpfe besitzt, die durchaus wie bei den Fröschen gebildet sind, während bei allen Reptilien ohne Ausnahme nur ein einziger mittlerer Gelenkkopf existirt. Die Kehle war mit breiten flügelförmigen Knochenschuppen gepanzert, und dieser Umstand, sowie die eigenthümliche Structur der Schädelknochen und das flügelförmige Hinausstehen der Schläfenschuppen verleiteten früher selbst geübte Forscher zur Verkennung isolirter Köpfe, die man für Köpfe gepanzerter Ganoiden hielt. Die Bezahnung der Labyrinthodonten ist höchst eigenthümlich. Eine äussere Reihe kleinerer Zähne ist an die Ränder der Kinnladen aufgewachsen. Grössere Fangzähne stehen in einer zweiten inneren Reihe und stecken, ähnlich wie bei dem Krokodil, in eigenen Zahnhöhlen. Diese Zähne selbst haben eine äusserst merkwürdige Structur, indem die Zahnsubstanzen im Inneren gleich einem biegsamen Blatte labyrinthisch oder gekrösartig in einander gebogen und verwickelt sind, so dass die Zähne aussehen, als beständen sie aus radial gestellten, in einander gebogenen Blättern, die prismatisch nach der Spitze zu sich verjüngen und deren Zwischenräume nach aussen an dem Schmelze des Zahnes durch feine Furchen sich erkennen lassen. Alle diese Thiere hatten vier kurze Beine, die wahrscheinlich in ähnlicher Weise, wie diejenigen der Salamander, gebildet waren, und ihr Körper scheint fast durchaus, oder wenigstens an seiner oberen Fläche, mit Schuppen bedeckt gewesen zu sein.

Fig. 274.



Ein Stück eines Zahndurchschnittes von *Mastodonsaurus Jaegeri*, noch stärker vergrössert.

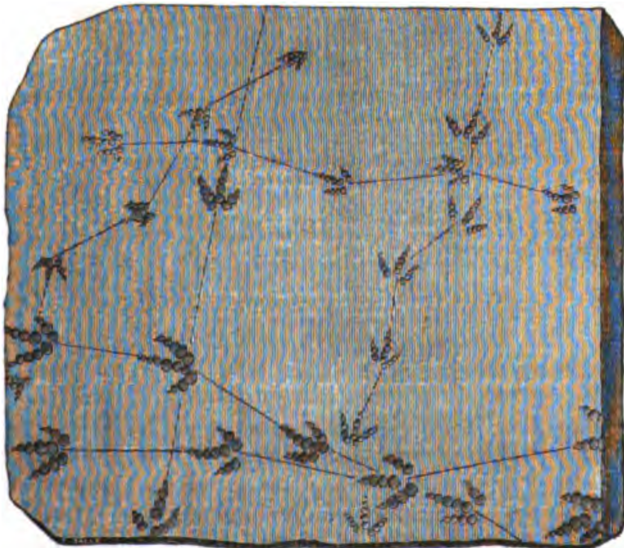
§. 526. Die eigentlichen Reptilien treten in der Trias zum ersten Male auf und zwar mit der Unterordnung der Meerdrachen (*Enaliosauria*), die sich dadurch vor allen übrigen eidechsenartigen Thieren auszeichnen, dass sie vier zum Gehen untaugliche Ruderfüsse besitzen, welche den Flossen der Walfische nicht unähnlich sehen. Die Meerdrachen

aus der Trias bilden eine eigenthümliche Familie mit gestrecktem Schädel, an dem sich die Oberkieferbeine fast bis zur Spitze erstrecken, mit ringlosen, auf der Oberfläche des Schädels liegenden Augenhöhlen, vor welchen unmittelbar die Nasenlöcher, dahinter die Schläfengruben sich finden, und mit kegelförmigen, ganzen, ungestreiften, weit von einånder stehenden Zähnen, von denen sich meist die vorderen im Oberkiefer stehenden durch ihre besondere Länge auszeichnen. Am besten ist die Gattung *Nothosaurus* bekannt, die einen verhältnissmässig kleinen schlanken Kopf mit grossen Schläfengruben besass, dessen Unterseite durch die Oberkiefer, Gaumen und Flügelbeine gänzlich geschlossen ist, so dass keine Flügelgruben existiren. Die Zähne sind zahlreich, schlank, etwas gebogen, stecken in eigenen Höhlen und sind glatt gestreift, ohne dass ihr Inneres gefaltet wäre. Im Zwischenkiefer und beim Anfange des Oberkiefers stehen mächtige Fangzähne, weit grösser als die übrigen. Der Hals ist schlangenförmig, lang; Brust und Schwanz ebenfalls ziemlich lang gestreckt, die Wirbel durch zwei vertiefte Gelenkflächen aneinander gelenkt und die Ruderfüsse ziemlich lang und schmal, die hinteren aber kürzer als die vorderen.

Grosses Aufsehen erregten zur Zeit die Fussspuren von Säugethieren und Vögeln, welche man in Deutschland und Nordamerika in dem bunten Sandsteine gefunden hatte und die offenbar von Thieren herrührten, welche zur Zeit, als diese Schichten noch weich waren, darauf herumgegangen waren. §. 527.

Die Spuren, Fig. 275, welche Professor Hitchcock in dem

Fig. 275.



Eine Platte mit Schritten von Vögeln.

Thale des Connecticut im Staate Massachusetts auffand, gehören offenbar einem Thiere an, welches auf zwei Füssen ging, da man lange Reihen von Schritten findet, wo immer ein rechter und ein linker Fuss in gleicher Linie abwechselt, während die Spuren vierfüssiger Thiere stets auf zwei parallelen Linien stehen, abgesehen davon, dass Vorder- und Hinterfüsse meist verschieden sind. Die Spuren zeigen deutlich drei Zehen, die nach vorn gerichtet sind, nebst einem schief nach hinten oder nur selten nach vorn gerichteten Daumen; zuweilen auch zeigen sich an der Ferse Spuren wie von einem Federbüschel. Die Aehnlichkeit dieser Spuren mit Vogelspuren ist unverkennbar. Die Grösse der Spuren, sowie der Schritte, ist sehr verschieden; im Allgemeinen aber lassen die letzteren auf hochbeinige Vögel, Stelzenläufer, schliessen. Die grösste Art, *Ornitichnites giganteus*, Fig. 276, hatte einen Fuss von

Fig. 276.



Ein Fussabdruck von *Ornitichnites giganteus* mit sogenannten fossilen Regentropfen, d. h. rundlichen Eindrücken, die auf dem halbweichen Thone dadurch entstehen, dass das Wasser beim Ueberdecken desselben Luftblasen zurückhält, welche einen halbrunden Eindruck hinterlassen.

15 Zoll Länge und machte Schritte von 4 bis 6 Fuss, mithin weit grösser, als der Strauss.

§. 528. In der Nähe von Hildburghausen hat man in den Thonschichten, welche mit den bunten Sandsteinen abwechseln, vertiefte Fussspuren gefunden, Fig. 276 und 277, in welche sich der bunte Sandstein hineingesetzt hat, so dass die untere Fläche der Sandsteinschichten das Bild dieser Spuren im Relief darstellt. Sie gehören Thieren mit vier Füssen an, vielleicht grossen Beutelthieren oder auch Amphibien, zeigen vier Finger mit grossen Nägeln und einen abstehenden nagellosen Daumen, der an den Vorderfüssen kleiner und den anderen Fingern mehr genähert ist. Die wahrscheinlichste Ansicht schreibt diese Thiere

gigantischen froschartigen Thieren (den Labyrinthodonten) zu, deren Zähne und Schädel man, wie oben bemerkt, häufig in den triasischen Gebilden findet.

Fig. 277.



Platte mit Abdrücken von *Chirotherium*.

Fig. 278.



Abklatsch eines einzelnen Abdruckes von *Chirotherium*.

An anderen Orten fand man auch bald mehr verwaschene, bald deutlichere Fussspuren von Schildkröten, Fig. 279 a. f. S., die indess jenen mit abgesetztem Daumen versehenen Eindrücken, die man *Chirotherium* genannt hat, nur entfernt gleichen.

Wir dürfen hier nicht unerwähnt lassen, dass in der Grenzbreccie des Keupers bei Dägerloch zwei kleine Zähne gefunden wurden, welche nach dem jetzt geltenden Gesetze unzweifelhaft einem Säugethiere angehören dürften. Die Gattung, welcher diese Zähne angehören würden, hat man mit dem Namen *Microlestes* belegt.

Die Krone der beiden Backenzähne, die man gefunden hat, zeigt sechskantige Kegelhöcker, von denen vier einander gegenüberstehen und

Fig. 279.



Platte mit Fussabdrücken von Schildkröten.

durch eine Längsrinne getrennt sind, während die zwei anderen Höcker an den beiden Enden dieser Längsrinne sich befinden. Jeder Zahn besitzt zwei getrennte ungleiche, von einander abstehende Wurzeln, was ein unzweifelhafter Säugethiercharakter ist.

7. Jurassisches System.

(Oolithgebirge; *Oolitic series; Formation jurassique.*)

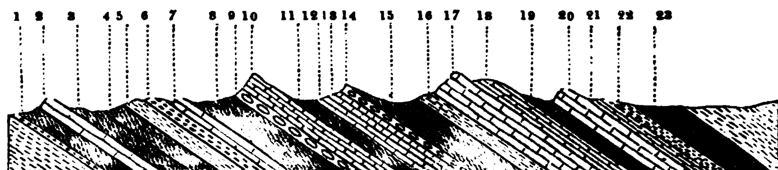
Die jurassischen Gebilde nehmen verhältnissmässig auf den geologischen Karten einen geringen Raum ein, spielen aber nichts desto weniger eine bedeutende Rolle in den geologischen Beziehungen der Continente, und Europas insbesondere. Sie bilden die Wände der Becken, in welchen die späteren Gebilde, Kreide und Tertiärschichten, sich ablagerten, und ihre Selbständigkeit in jeder Hinsicht, die Eigenthümlichkeit ihrer Fossilien sowie die Gleichförmigkeit ihrer Structur, welche sich auf weite Strecken hin erhält, haben die jurassischen Schichten von jeher zu einem bequemen Ausgangspunkte gemacht, von welchem aus man theils zu den älteren Schichten hinabsteigt, theils zu den neueren sich erhebt. Die ersteren folgerechten Studien über diese Gebilde wurden in England von Smith angestellt, und die von diesem Geologen, sowie von seinen Nachfolgern unterschiedenen Schichtengruppen nebst den ihnen gegebenen Namen haben durch diese Priorität allgemeine Gültigkeit erhalten, so dass die Bildung des Jura in England bisher als die Norm galt, auf welche man die auf dem Continente gefundenen Verhältnisse zu beziehen suchte. Man kann im Allgemeinen in den jurassischen Schichten zweierlei verschiedene Zustände unterscheiden, die hauptsächlich mit ihrer Entwickelung in verticaler Richtung zusammenzuhängen scheinen. In dem einen Falle nämlich liegen die Schichten fast horizontal über einander, und die Schichtenköpfe der festeren Kalkschichten, welche mit Mergeln abwechselnd in den verschiedenen Gruppen des jurassischen Systemes vorkommen, bilden die Terrassen, wodurch die Umgrenzungen der Becken selbst auf rein topographischen Karten sich auszeichnen. Die Schichtenflächen der Kalklager selbst bilden dann die Plateaus und die Thon- und Mergelschichten, die ausgewaschen und weggeführt sind, zeigen sich nur unter der nächsten Terrasse in ihrem Querschnitte. So kommt es denn, dass man die Mergel und Thone, obgleich sie in den ebenen Gegenden an Mächtigkeit im Allgemeinen bedeutend überwiegen, dennoch nur in geringer Ausdehnung sieht, während die Kalkschichten überall zu überwiegen scheinen und man bei flüchtiger Untersuchung das Gebilde fast nur als aus Kalk mit dünnen eingestreuten Thonschichten bestehend ansehen könnte. In diesen Gegenden sind auch die Kalke meist sandig und thonig, während da, wo der Jura eigentliche mächtige Gebirgszüge bildet, wie in dem westlichen Frankreich, der Schweiz und Deutschland, die Kalkschichten auch mächtiger werden und die Thongebilde zurücksinken. In den Gebirgsländern des Jura zeigt sich dann die zweite Gestalt dieser Formation, schroffe, geradlinige Bergmauern §. 529.

mit geneigten Abhängen auf der einen und schroffen Abstürzen auf der anderen Seite, die meist dem Inneren der Ketten zugewandt sind. Dort zeigen sich dann tiefe Längsthäler, die durch Querrisse mit der am Fusse des Gebirges liegenden Ebene zusammenhangen. Hauptcharakter dieser jurassischen Gebirgszüge ist grosse Monotonie der Formen, die in ihren langen, gleich hohen Zügen keine Abwechselung bieten.

Jura in England.

Fig. 280.

Idealer Durchschnitt der jurassischen Schichtenreihe in England.



Red-marls u. Bone-bed. Lias. Bathonian series. Oxford s. Portland s. Wealden rocks.

1 *Lower Lias-shale.* 2 *Blue and White Lias.* 3 *Iron and Marlstone.* 4 *Upper Lias-shale.* 5 *Marly-sandstone.* 6 *Ferrugineous beds.* 7 *Inferior Oolite.* 8 *Fullers-earth.* 9 *Stonesfield-plates.* 10 *Great-Oolite.* 11 *Bradford-clay.* 12 *Forest-marble.* 13 *Corn-brash.* 14 *Kelloway-rocks.* 15 *Oxford-clay.* 16 *Calcareous-grit.* 17 *Coral-rag.* 18 *Oxford-Oolite.* 19 *Kimmeridge-clay.* 20 *Portland-limestone.* 21 *Purbeck-beds.* 22 *Hastings-sands.* 23 *Weald-clay.*

§. 530. Man hat den Jura in England in vier verschiedene Gruppen getheilt, deren unterste unmittelbar auf den bunten Mergeln des Keupers aufliegt, während die oberste direct von der Kreide überdeckt wird. Im Allgemeinen besteht jede dieser Gruppen aus einer mehr oder weniger mächtigen Schichtenfolge von Thonmergeln und einem Systeme von Kalkbänken, und in den drei obersten Gruppen bilden die Kalkschichten den oberen, die Mergel den unteren Theil, während in den untersten Gruppen die Kalksteine mehr in dem tieferen Theile ausgebildet sind und die Mergelschiefer auf dem Kalke aufliegen. Im Allgemeinen liegen die untersten Schichten in paralleler Folge auf den Keupermergeln, und nur an wenigen Orten hat man wirklich abweichende Schichtung gesehen. Die unterste Gruppe heisst der Lias, die zweite die Bath-Gruppe, nach dem berühmten Badeorte, der auf den Mergeln dieses Systemes erbaut ist, die dritte die Oxford-Gruppe, nach der bekannten Universitätsstadt, und die oberste die Portland-Gruppe, nach der Insel Portland, auf welcher die ihr angehörigen Schichten besonders entwickelt sind.

1. Lias.

Das Knochenbett (*bone-bed*), welches wir als letzte Schicht des Keupers erwähnten, bildet an mehren Orten, namentlich aber in der Umgegend von Bristol, die Grundlage, auf welcher die Liasschicht ruht, und es wurde früher ziemlich allgemein schon deshalb zu dem Lias mitgerechnet, weil es durch seinen Reichthum an Versteinerungen mehr diesem letzteren zuzugehören schien. Die Trennung wurde um so schwieriger, als in England kaum einige Orte vorhanden sind, an welchen man eine abweichende Schichtung zwischen Keuper und Lias beobachten könnte. Unmittelbar auf diesem Knochenlager, das indess seinen Versteinerungen nach unzweifelhaft zum Keuper gerechnet werden muss, finden sich gewöhnlich dunkelbraune oder schwärzliche, meist bituminöse Mergelschiefer, die durch Verwitterung in Thon übergehen und nur wenig Versteinerungen enthalten. An einigen Orten sind diese unteren Liasschiefer, die mit der Ziffer 1 auf dem Durchschnitte bezeichnet sind, durch Sandsteine ersetzt, welche in vieler Beziehung den Keupersandsteinen gleichen, aber im Allgemeinen thoniger als diese sind. §. 531.

Unmittelbar auf diesen Schiefern liegen die unteren Liaskalke oder Gryphitenkalke (2 auf dem Durchschnitte), die trotz ihrer geringen Mächtigkeit einen äusserst constanten Horizont bilden, der sich um so leichter erkennen lässt, als sie eine ungeheure Menge von Fossilien einschliessen, unter welchen besonders die *Gryphaea arcuata* als Leitmuschel Erwähnung verdient. Die unteren Schichten dieser Liaskalke sind weiss, die oberen mehr blau, ein Farbenunterschied, der nur durch die Beimengung von einigem Thone in den Kalken bedingt wird, sonst aber von keiner Veränderung, weder in der Lage noch in dem Gehalt an Versteinerungen begleitet wird, so dass die frühere Unterscheidung dieser Kalkschichten in weissen und blauen Lias vollständig bei Seite gelegt werden muss.

Der Gryphitenkalk bildet nach oben die Grenze des unteren Lias, den man schon früher wohl zu scheiden gewohnt war, und der jetzt als besonderes Stockwerk von d'Orbigny mit dem Namen des sinemurischen Stockwerks belegt wird.

Ueber diesem Kalkhorizonte findet sich eine mächtige und sehr constante Reihe von braunen oder blaugrauen Thonmergeln, die meist schiefrig abgesondert sind, oft Sand oder Lager von Kalkgallen enthalten und an anderen Stellen so sehr mit Eisensand überladen sind, dass man sie als Eisenmergel öfters bezeichnet hat. An anderen Orten wieder gleichen diese Liasmergel (3 des Durchschnittes) durch ihre schwarze Farbe und ihren Reichthum an Bitumen den unteren Schiefer- §. 532.

mergeln, und hier und da enthalten sie selbst kleine Lager von Steinkohlen schlechter Qualität mit manchen versteinerten Pflanzen, die sich indessen wesentlich von denjenigen der eigentlichen Steinkohle unterscheiden und der eigenthümlichen Flora des Lias angehören, die hauptsächlich aus nacktsamigen Hölzern, aus Cycadeen und Coniferen zusammengesetzt ist.

Diese Schiefer- und Eisensteine bilden ebenfalls einen wohlgeschiedenen Horizont, welcher besonders durch die *Gryphaea cymbium* als Leitmuschel charakterisirt ist, und den d'Orbigny als eigentliches liasisches Stockwerk von dem unteren Lias getrennt hat.

§. 533. Früher vereinigte man mit diesem mittleren Lias eine Reihe festerer Thonschiefer und Alaunschiefer, die allmälig aus den Mergelthonen hervorgehen und hauptsächlich bei Lyme-regis und Whitby ausgebildet sind. In der That sind dieselben kaum von den unterliegenden schiefrigen Thonen genau zu trennen, da allmälige Uebergänge aus dem einen in die anderen stattfinden; aber trotz dieser Uebergänge in der Schichtung ändert sich dennoch die in den Schiefern eingeschlossene Fauna sehr bedeutend, indem besonders jene gewaltigen Reptilien und Fische in diesen oberen Liasschiefern (4 auf dem Durchschnitte) sich vorfinden, die eine Zierde der englischen Cabinete geworden sind. d'Orbigny hat demnach, wie es scheint mit vollem Rechte, auch diese Schiefer von den unterliegenden Massen geschieden und mit dem Namen des Stockwerkes von Tours (*Etage Toarcien*) bezeichnet.

Dieselben Abtheilungen lassen sich überall in anderen Ländern erkennen, wenn auch hier und da der Lias mannigfaltiger ausgebildet ist, so dass man jetzt die obere und untere Grenze des liasischen Gebildes als vollkommen festgestellt ansehen kann.

2. Bathgruppe. Untere Oolithgruppe. (*Oolite inférieure.*)

§. 534. Unmittelbar auf den oberen Liasschiefern und oft in so unmittelbarer Folge, dass kaum eine genaue Trennung möglich ist, findet sich eine Reihe mergeliger Sandlager, die etwas Glimmer enthalten, meist gelb oder grünlich sind und oft in einen mergeligen Sandstein übergehen — *Marly-sandstone* der Engländer (5 auf dem Durchschnitte). In der Nähe von Blue-Wick an der Küste von York, das wir hier als Typus nehmen, ist dieser *Marly-sandstone* etwa 7 Meter mächtig und enthält in seinen unteren Schichten zahlreiche Thonnieren mit *Ammonites striatus*, während in den mittleren Schichten Nieren und Versteinerungen fehlen. Oben stellen sich die Thonnieren wieder ein und gehen allmälig in unregelmässige Schichten von gelbem Sandstein über, die durch Trümmer versteinerten Holzes sich als eine alte Strandbildung zu erkennen geben.

Das Knotigwerden dieser Mergelsandsteine durch Kalkconcretionen

ist eine fast durchgehends ausgebildete Erscheinung, und nach und nach vermehren sich diese Kalkconcretionen so, dass sie Schichten eines braunen, harten und zähen Oolithes bilden, der viel Eisensand enthält und trotz seiner meistens geringen Mächtigkeit einen sehr beständigen Horizont bildet und unter dem Namen des Eisenoolithes (6) bekannt ist. An der angeführten Localität von Blue-Wick findet man, dass der Sandstein zuerst Eisensand aufnimmt und dann in harten Eisenstein übergeht, der in seinem mittleren Theile eine ungemein grosse Anzahl von Muscheln enthält, die aber alle auf eine Strandbildung hindeuten, indem Ammoniten und Belemniten gänzlich fehlen. An anderen Localitäten ist über dem Eisenoolithe eine Folge von schönen oolithischen Quadersteinen (7) entwickelt, die aber mehr eine locale Bildung zu sein scheint, so dass an den meisten Orten nur der Eisenoolith als leicht kenntlicher Horizont dieser Gruppe vorhanden ist.

Der *Marly-sandstone* (5), der Eisenoolith (6) und der auf ihn folgende Quaderoolith (7) werden oft zusammen unter dem Namen des unteren Oolithes zusammengefasst und entsprechen auch in dieser Weise einem von d'Orbigny unter dem Namen *Bajocien* unterschiedenen Stockwerke der Juraformation.

Auf diese Kalksteine folgt ein mächtiges Lager verschiedener Mergellager, die man meist unter dem Namen „*Fullers-earth* (Walkererde, *Terre à foulon*) (8 auf dem Durchschnitte) zusammenfasst. Dieses oft 40 bis 50 Meter dicke Lager beginnt unten mit einem blauen oder gelben kurzen Thon, in welchem oft kalkige oder mergelige Concretionen vorkommen. Auf diesem liegt die eigentliche Walkererde, die meist kaum ein Meter Dicke hat und für Töpferei ausgebeutet wird, und das Ganze ist gekrönt von einem neuen Thonlager, in welchem Concretionen von hartem Mergel und compactem Kalksteine vorkommen, das sich aber meist durch seine weisse Farbe von dem unteren blauen oder gelben Thone unterscheidet. Seinen Fossilen nach gehört dieses Thonlager noch durchaus zu dem unteren Oolithe, mit welchem es zusammen das erwähnte Stockwerk darstellt. §. 535.

An der Küste von York ist die Walkererde durch blasse, grobe Sandsteine, die zuweilen thonig werden und dann aufrecht stehende Pflanzenstämme enthalten, und durch Schiefer von schwarzer Farbe ersetzt, welche nebst den Sandsteinen eine Menge von Blattabdrücken zeigen, die theils Farrenkräutern, theils nacktsamigen Pflanzen angehören. Diese Landbildung, die nur eine locale Abweichung darstellt und sonst durch die Meeresbildung der Walkererde ersetzt ist, hat nahezu 100 Meter Mächtigkeit und enthält hier und da einen Streifen schlechter Kohle, die nur aus den erwähnten Pflanzen gebildet ist.

Die Walkererde oder die Sandsteine und Schiefer mit Landpflanzen, welche wir soeben erwähnten, sind gekrönt von einem mächtigen Kalklager (10 auf dem Durchschnitte), dem „*Great Oolite*“ (grosser §. 536.

Oolith, *Grande Oolithe*), das aus manchen wechselnden Schichten besteht, die meist eine ungeheure Menge von Polypen und Korallenbänken enthalten. Die Kalksteine sind bald oolithisch, hart, fest und als vortreffliche Bau- und Quadersteine geschätzt, bald wieder grobkörnig und lumachellenartig, durch die vielen darin eingebackenen Fossilien und meist durch dünne Lager von braunen Mergeln von einander getrennt. An einigen Orten sind diese Oolithe sehr mergelig, zähe und in dünnen Platten abgesondert, an anderen mehr compact.

An der unteren Fläche dieses Oolithlagers, zwischen ihm und der Walkererde, findet sich in der Nähe von Stonesfield bei Oxford eine eigenthümliche Schicht von dünnen, plattenförmigen Schiefern ausgebildet, die hauptsächlich deshalb so merkwürdig ist, weil darin die ersten fossilen Säugethierknochen vorkommen. In dem Durchschnitte ist die Lagerung dieser Plattenschiefer von Stonesfield durch die Schicht 9 angegeben. Es sind mergelige Sandsteine und lose Sandlager, in welchen ungemein grosse, plattgedrückte Concretionen vorkommen, die ursprünglich aus successiven Schichten zusammengesetzt waren, und bei der Verwitterung sich diesen ursprünglichen Schichtungsflächen nach abtrennen. Man beutet sie auf dem Grunde eines Schachtes aus, der in den höheren Theilen der Bathgruppe zu Tage geht, und lässt die Concretionen, die von bedeutender Grösse sind und deren Mitte meist von einem Fossile eingenommen wird, den Winter über an der Luft liegen. Nach der wiederholten Einwirkung des Frostes können sie in ziemlich grobe Schiefer gespalten werden, die zwar keine Aehnlichkeit mit den Dachschiefern haben, aber in der Umgegend von Oxford allgemein zu gleichem Gebrauche benutzt werden. Man hat lange, theils an der diesen Schichten hier zugeschriebenen Lagerung, theils selbst an ihrer jurassischen Natur gezweifelt, indess haben die neueren Arbeiten die hier gegebenen Resultate zu vollkommener Gewissheit erhoben.

§. 537. Auf den grossen Oolith folgt wieder eine neue Thonschicht, der Bradfordthon (*Bradford-clay*, 11 auf dem Durchschnitt)e, der meist von blauer Farbe ist, sehr mergelig erscheint und gewöhnlich mit Lagern nierenförmigen Eisensteines und thonigem Oolithe abwechselt, die reich an Fossilien sind, unter denen sich besonders *Ostrea Marshii* und *Avicula Braamburiensis* auszeichnet. Auf diesem Thone zeigen sich dann complicirte Schichten von Sandsteinen, Thonen und Mergeln mit Sandadern und muschelreichen compacten Kalksteinen, welche dieselben Fossilien enthalten, oft mehrfach in bunter Reihe mit einander abwechseln und unter dem Namen des *Forest-marble* (12 auf dem Durchschnitte) bekannt sind. An einigen Orten finden sich in dieser Bildung wieder Sandsteine, Schiefer und Thone abgelagert, welche Pflanzenabdrücke enthalten, die mit den schon erwähnten in dieselbe Reihe gehören.

Das letzte Glied dieser Gruppe, die mit dem grossen Oolithe anfängt und von d'Orbigny ebenfalls als eigenes Stockwerk unter dem Namen *Bathonien* anerkannt wird, bildet der *Corn-brash* (13 auf dem Durchschnitte), ein dünnes System von grobkörnigen Kalken, die meist schiefrige Platten bilden und zuweilen etwas mergelig werden. Dieser dünne Schieferkalk auf der Höhe und der grosse Oolith an der Basis der Gruppe sind die einzigen Horizonte, welche in ganz England entwickelt scheinen, während die Thone und Mergel, die dazwischen liegen, mannigfaltige Veränderung erfahren, wie denn der Bradfordthon und der *Forest-marble* hauptsächlich nur in Südengland entwickelt, in Nordengland dagegen durch Uferbildungen mit Pflanzenabdrücken ersetzt sind.

3. Oxfordgruppe.

Die Basis dieser Gruppe besteht bald aus weichen, kalkigen Sand- §. 538.
steinen, bald aus dünnen Lagern unregelmässiger Kalkconcretionen, die durch mergelige Zwischenlager zusammengehalten werden oder auch zu knotigen Schiefern sich vereinigen. Nach oben hin werden diese Schichten gewöhnlich eisenschüssig oder enthalten auch Eisennieren und zahlreiche Fossilien, unter welchen sich *Nautilus hexagonus*, *Ammonites Backeriae*, *Trigonia elongata*, *clavellata* (*major*), *Modiola imbricata*, *Avicula inaequivalvis*, *Gervillia aviculoides*, *Gryphaea dilatata* auszeichnen. Man hat diese Schichten *Kelloway-rocks* (14 auf dem Durchschnitte) genannt, und obgleich sie nur eine geringe Mächtigkeit und in England selbst wie anderwärts auch keine grosse Beständigkeit haben, so hat d'Orbigny sie dennoch als allgemein ausgebildetes jurassisches Stockwerk unter dem Namen *Callovien* unterscheiden wollen.

Auf diesen Kelloway-Felsen liegen mächtige Lager eines blauen, kurzen Thones, der viele Zwischenlager von Mergel, von Kalkconcretionen, einzelnen dünnen Kalkbänken und zuweilen auch von bituminösen Schieferthonen enthält und der eigentliche Oxfordthon genannt wird (15 auf dem Durchschnitte). Es bildet dieser Oxfordthon mit seinen charakteristischen Versteinerungen einen weit ausgedehnten geologischen Horizont, der sich in den meisten Fällen mit Sicherheit bestimmen lässt.

Dem Oxfordthone folgt eine Reihe sandiger Schichten, bald völlig §. 539.
lose, bald durch kalkiges Cement zu festeren Massen vereinigt; sie bilden hier, wie an vielen anderen Stellen der Jurareihe, den Uebergang von den Mergeln zu den Kalksteinen und werden von den Engländern unter dem Namen „*Calcareous-grit*“ (kalkiger Sandstein, 16 auf dem Durchschnitte) begriffen. Nach oben gehen diese Sandsteine allmälig in das Kalklager der Oxfordgruppe über.

Dieses bildet mächtige Schichten eines compacten erdigen Kalk-

steines, der sich durch seinen ungeheuren Reichthum an Korallen auszeichnet, die meist in Spath umgewandelt sind und dadurch die Structur des Kalkes löcherig und ungleich machen. Offenbar existirten zur Zeit des Absatzes dieser Schichten eine Anzahl Korallenriffe in dem jurassischen Meere, und es ist diese Bildung der Korallen unendlich wichtig in Beziehung auf die verschiedenen Schlüsse, die man über das Jurameer im Allgemeinen machen kann. Der *Coral-rag* (*Corallien*, Korallenkalk, 17 auf dem Durchschnitte) ist in dieser Beziehung sowohl, als auch deshalb sehr wichtig, weil er einen sehr ausgezeichneten geologischen Horizont bildet, indem an vielen Orten die ganze Oxfordgruppe nur auf ihn und den Oxfordthon beschränkt ist.

Nach oben ist der *Coral-rag* gekrönt von Oolithen, die meist Eisenerz in Körnern oder Nieren enthalten und die man deshalb Eisenoolith (*Oolite pisolitique*) oder Oxfordoolith genannt hat. Diese Oolithe von gelber oder brauner Farbe bilden mit einigen Schichten wenig solider Bausteine und einigen Lagern von Thon und Sand eine letzte, sehr unbeständige Schicht der Oxfordgruppe. Sie sind alle zusammen auf dem Durchschnitte mit 18 bezeichnet.

Aus dieser ganzen Reihe, welche sich in England nirgends wohl trennen lässt, da die Kalke, die Mergel, Thone und Sandsteine überall dieselbe Schichtung zeigen und auch eine grosse Menge gemeinschaftlicher Fossilien enthalten, hat d'Orbigny zwei Stockwerke gemacht, von welchen er das untere *Oxfordien* nennt, und in welchem er alle Gebilde nebst dem *Coral-rag* noch mitbegreift, während er ein oberes Stockwerk unter dem Namen *Corallien* bildet, dessen Analogon er in England nicht aufführen kann. Die Oxfordgruppe, wie wir sie hier darstellen, würde also ihm zufolge aus drei Stockwerken zusammengesetzt sein, die indess eine so grosse Anzahl von Versteinerungen untereinander gemein haben, dass man diese Abtheilungen wohl als mehr oder minder künstliche bezeichnen kann.

4. Portlandgruppe.

§. 540. Die einfachste und regelmässigste Gruppe von allen.

Als Basis dienen die zuweilen mächtigen Lager des Kimmeridge-Mergels (19 auf dem Durchschnitte), aus blauen Mergeln bestehend, die zuweilen schiefrig werden, nicht selten bituminös oder selbst alaunhaltig, und dann verschiedene Kiese und krystallisirte Mineralien enthalten. Der Reichthum dieser Mergel an Fossilien, unter denen sich *Ammonites longispinus*, *Pterocera Oceani* und *Ponti*, *Pholadomya acuticostata*, *Trigonia muricata*, *Pecten lamellosus*, *Exogyra virgula* auszeichnen, und ihre Beständigkeit auch auf dem Continente, haben sie als eigenes Stockwerk von d'Orbigny unterscheiden lassen.

Das oberste Glied der Jurareihe endlich wird von den Port-

landkalken gebildet (20 auf dem Durchschnitte), compacte, feste Kalke mit erdigem Bruche, meist von weisser oder grauweisser Farbe, oft körnig und oolithisch, und von sehr verschiedener Härte. An manchen Stellen enthalten diese Schichten Lager von Kieseln und werden dann brüchig, zerreiblich, ja zuweilen so der mit Silexlagern versehenen Kreide ähnlich, dass sie in früheren Zeiten oft damit verwechselt wurden. Es scheint diese zerreibliche Beschaffenheit der Kalke überhaupt ein steter Begleiter der Silexbildung zu sein, indem überall, wo man wirkliche Silexconcretionen in sonst compacten Kalksteinen antrifft, diese die Textur der Kreide annehmen.

In seinen oberen Theilen wird dieser Portlandkalk gewöhnlich sandig und enthält dann auch Zwischenlager von Schiefern und Thonen, in welchen man hier und da fossile Baumstämme findet. Es dürfte noch zweifelhaft sein, ob sich auf dem Continente überhaupt ein Analogon dieses Portlandkalkes treffen lässt.

5. Wäldergruppe.

(*Wealden rocks; Formation Wealdienne.*)

In dem südlichen Theile von England, und zwar namentlich in der Grafschaft Sussex, findet sich ein eigenthümliches Süsswassergebilde, über dessen Stellung man insofern lange in Zweifel war, als die Einen es noch zu dem Jura, die Anderen hingegen zu der Kreide rechneten — eine Frage, die jetzt durch die Uebereinstimmung der in diesen Schichten sich findenden Reptilien und Fische mit denjenigen des Jura zu Gunsten der ersteren Ansicht gelöst scheint. Die Einreihung dieser Süsswassergebilde in der Schichtenfolge war nie zweifelhaft, indem man wohl wusste, dass sie über den Portlandschichten und unter den älteren Kreideschichten eingereiht werden müssten. Das ganze Gebilde steigt inselartig aus einem Gürtel von Kreide hervor, welcher es von allen Seiten umgiebt, so dass es nur in einer verhältnissmässig geringen Ausdehnung bei Hastings die Meeresküste erreicht. Von den übrigen Juraablagerungen ist es durch diesen Kreidegürtel nach Westen hin getrennt, und es erscheint nur dadurch an der Oberfläche, dass seine Schichten domartig erhoben sind und nach allen Seiten hin unter die weggeführte Kreide einschiessen. Man hat in diesem Gebilde, welches rein local ist und nur noch in dem nördlichen Deutschland, nicht aber in den übrigen Erstreckungen des Jura nachgewiesen worden ist, folgende Schichtengruppen unterschieden. §. 541.

Die **Purbeckschichten** (*Purbeck beds*) bestehen hauptsächlich aus dünnen, wohlgeschichteten, bläulichen Kalksteinen, die oft nur einzig aus Petrefacten zusammengebacken scheinen und ihrer grossen Festigkeit wegen seit langer Zeit als Platten für die Trottoirs von London §. 542.

ausgebeutet werden. Diese Kalkschichten wechseln mit Schichten bläulichen Schieferthones; sie ruhen unmittelbar auf den Kalksteinen des Portlands auf, von welchen sie sich hauptsächlich durch die zahlreichen Paludinen und Cyprisschalen unterscheiden, welche den Beweis für ihre Ablagerung aus dem süssen Wasser liefern. Ausserdem findet man häufig Reptilien- und besonders Schildkrötenreste in ihnen; zuweilen auch Austernbänke. Alle diese Erscheinungen zeigen, dass der Purbeckkalk sich in einer Bucht absetzte, in welche ein bedeutender Fluss süssen Wassers sich ergoss, dessen Delta den Schildkröten namentlich als Versammlungsort zur Zeit des Eierlegens diente, wie dies noch heut zu Tage in den Niederungen der Ströme der heissen Zone der Fall ist.

Ueber dem Purbeckkalke liegt der **Hastingssand**, eine sehr veränderliche Gruppe von Schichten, die besonders aus eisenschüssigem Quarzsande bestehen, welche mit sandigen Thonen und Mergeln abwechseln. Zuweilen geht der lockere Sand in festeren Sandstein über, an anderen Orten lagern sich allmälig graue, feste, concretionirte Sandkalke über und zwischen die Thonschichten. In den unteren, besonders sandigen Schichten finden sich Eisenlager und hier und da Ablagerungen von verkohltem Holze. Die Sandschichten sind besonders berühmt geworden durch die zahlreichen Reste untergegangener Reptilien, die zum Theil eine monströse Grösse besessen zu haben scheinen.

Der eigentliche **Wälderthon** (*Weald-clay*) überlagert den Hastingssand ohne bestimmte Grenze. Die Sand- und Kalkschichten dieses letzteren gehen allmälig in einen bläulichen Töpferthon über, der zuweilen schiefrig wird und mit dünnen Schichten eines sehr petrefactenreichen Kalkes wechselt, dessen Versteinerungen denjenigen des Purbeckkalkes sehr ähnlich sind. Oefters kann dieser Kalk als Marmor benutzt werden. Ablagerungen von Eisenerzen begleiten häufig diesen Marmor, und überhaupt scheint Eisen in bedeutender Menge auch in die Zusammensetzung des Thones überzugehen, da dieser an der Luft braun wird.

---

§. 543. Die meerischen Ablagerungen des Jura bilden, abgesehen von der Wälderinsel, in England als ein Ganzes ein breites Band, welches im Süden ziemlich schmal in der Gegend der Halbinsel Portland beginnt und dann, allmälig breiter werdend, in Form eines sanft geschwungenen, nach Osten convexen Bandes über Bath und Bristol hin nach Norden vordringt, wo es sich aufs Neue verschmälert und südlich von Newcastle die östliche Küste erreicht. Ueberall in dieser ganzen Erstreckung sind die tieferen Schichten mehr nach Westen hin entwickelt,

wo sie unmittelbar auf den älteren Formationen des bunten Sandsteines theilweise auch des Kohlengebirges, aufliegen, während nach Osten hin nur die höheren Schichten sich zeigen, die dann unter die Kreideschichten Englands einschiessen. Im Ganzen betrachtet, bildet deshalb der englische Jura nur den westlichen Flügel eines gewaltigen Ringes, der von den Ardennen, oder selbst von Boulogne an, sich zuerst um das Pariser Becken herum schlingt, zwischen Caen und Cherbourg über den Canal setzt und in gleicher Weise das Londoner Tertiärbecken umgiebt, um dann zwischen Kingston und Newcastle sich unter den Wellen der Nordsee zu verbergen. Die jurassischen Schichten im Norden des Harzes und Teutoburgerwaldes stellen die südliche Fortsetzung dieses Ringes her, der an den genannten Gebirgen in die Höhe gehoben ist, während im übrigen nördlichen Deutschland die Kreide- und Tertiärgebilde, sowie die gewaltigen Anschwemmungen, die Juraschichten überdecken und dem Blicke entziehen und nach Osten hin wahrscheinlich die Ostsee den östlichen Flügel verbirgt, da an den Gestaden der scandinavischen Halbinsel und Russlands nur ältere Gebilde zu Tage treten.

Jura in Norddeutschland.

An dem südlichen Saume des norddeutschen Flachlandes ziehen §. 544.
sich nördlich und westlich vom Harze eine Menge einzelner Berge und Hügelzüge hin, die im Ganzen von Südost nach Nordwest streichen und deren Kern gewöhnlich von den Schichten der Trias gebildet wird, während die Lippen rechts und links von diesen Kernen von Juraschichten zusammengesetzt werden. Der bedeutendste Zug dieser jurassischen Gebilde ist in der Gegend der *Porta westphalica* entwickelt, die selbst weiter nichts ist als ein Querriss durch gewölbartig erhobene Schichten, die dem Jura angehören. Im Uebrigen sind diese jurassischen Gebilde nur hier und da fleckenweise an die Oberfläche getreten, indem sie sonst grösstentheils von dem aufgeschwemmten Lande oder von der Kreide überdeckt werden, welche beide Gebilde auch in die Niederungen zwischen den Juraerhöhungen eindringen und so den Zusammenhang der einzelnen Inselflecken nicht deutlich vor die Augen treten lassen. Die ganze Zusammensetzung dieses norddeutschen Juragebildes schliesst sich am engsten an diejenige des englischen Jura an, eine Aehnlichkeit, die auch noch dadurch vervollständigt wird, dass das Wäldergebirge auch hier in ausgezeichnetem Maasse vorhanden ist. Einzelne Störungen abgerechnet, fallen die Schichten dieser jurassischen Gebilde alle gegen Norden hin ein, so dass man als ziemlich allgemeine Regel aufstellen kann, dass die tieferen Juraschichten, wie der Lias, mehr im Süden der ganzen Bildung sich finden, wie z. B.

bei Göttingen, während im Norden des Zuges die höheren Juraschichten getroffen werden, die dann unmittelbar von der Kreide überlagert sind. Die nähere Zusammensetzung dieses norddeutschen Jurazuges stellt sich in folgender Weise dar.

§. 545. An der Basis des Gebildes erscheint der untere Lias in Form eines ziemlich grobkörnigen, gelblichen Sandsteines, der mit dünngeschichteten glimmerhaltigen Mergellagern wechselt, hier und da undeutliche Pflanzenabdrücke enthält und so allmälig in den oberen Keuper übergeht, dass eine scharfe Grenze sich nicht wohl ziehen lässt.

Ueber diesem Sandsteine, der vielleicht gänzlich zu dem Keuper gerechnet werden muss, liegen dunkelblaue dichte Mergel mit Schwefelkiesabsonderung, die an anderen Orten durch gelbbraune eisenhaltige Sandsteine oder durch dünngeschichtete, ziemlich feste, eisenhaltige, fein oolithische Kalkmergel ersetzt sind und welche durch die *Gryphaea arcuata*, die in Menge in ihnen vorkommt, sich als die wahren Vertreter des Gryphitenkalkes oder des *Sinemurien* erkennen lassen.

Ueber diesem unteren Liaskalke erscheinen hellgelbliche oder graue, feinkörnige, eisenhaltige Sandsteine, welche häufig bauwürdige Bänke eines körnigen braunrothen Mergeleisensteins umschliessen und die man, ihres Reichthums an Belemniten wegen, die Belemnitenschichten genannt hat. Ihre übrigen Einschlüsse, worunter namentlich *Gryphaea cymbium*, *Terebratula variabilis*, *numismalis* und *vicinalis* zu nennen sind, lassen diese Schichten als das zweifellose Analogon des mittleren englischen Lias oder des *Liasien* von d'Orbigny erkennen.

Am weitesten verbreitet und fast überall als Grundlage der höheren jurassischen Bildung sichtbar, findet sich eine über 200 Meter mächtige Masse von dunkelgefärbten, meist schwarzen Kalkmergelschiefern mit erdigem, mattem Bruche, die meist sehr dünn geschichtet sind, oft Bitumen und nicht selten weit erstreckte Lager flachgedrückter Eisenknollen enthalten. *Posidonia Bronnii* findet sich in grösster Häufigkeit in diesen Schiefern, die man deshalb Posidonienschiefer genannt hat. An vielen Orten finden sich zwischen den Schiefern Lager eines dunkeln festen Kalkmergels, die nach oben hin zunehmen und so allmälig eine oberste Schicht von Mergeln herstellen, in welchen besonders *Ammonites opalinus* und *Trigonia navis* als Leitmuscheln genannt werden müssen. Das ganze Gebilde entspricht den oberen Alaunschiefern des englischen Lias oder dem *Toarcien* von d'Orbigny, und es ist besonders deshalb auf den allmäligen Uebergang der Posidonienschiefer in die obersten Mergel aufmerksam zu machen, weil diese letzteren einem ganz ähnlichen Thonlager entsprechen, das in Schwaben in weitester Ausdehnung vorkommt und das man dort unter dem

Namen Opalinusthone von dem darunter liegenden Lias geschieden und zu dem unteren Oolithe gezogen hat.

Ueber dem in dieser Weise begrenzten Lias findet sich am ausge- §. 546.
zeichnetsten in der Umgebung der *Porta westphalica* ein bis 200 Fuss mächtiges Gebilde von grobkörnigen thonigen dunkelbraunen Sandsteinen, die zahlreiche sandige Brauneisensteinlager einschliessen und zuweilen mit dunkelgrauen Schieferthonen abwechseln, welche grosse Eisensteinknollen enthalten. Als besondere Leitmuscheln werden in diesem Sandsteine, der mit dem Provinzialnamen Dogger bezeichnet wird, und dem unteren Oolithe Englands oder den *Bajocien* d'Orbigny's entspricht, *Ammonites Parkinsoni* und *Humphresianus*, *Pleurotomaria ornata*, *Trigonia costata*, *Belemnites giganteus* und *canaliculatus* genannt, welche alle auch in dem erwähnten Stockwerke d'Orbigny's vorkommen.

Ueber dem Dogger findet sich an einzelnen Orten eine nur wenige Meter mächtige Lage von gelbgrauem oder röthlichem erdigen Kalkmergel, welcher häufig mit hellerem sandigen Kalksteine wechselt, der bald nur kleine Körner, bald auch grössere Knollen von Eisen enthält und oft ziemlich reich an Kiesel ist, so dass er in einen stark eisenhaltigen braunen Sandstein zuweilen übergeht. Es dürfte dieses wenig entwickelte Glied dem in England weit stärker ausgebildeten Eisenoolithe und grossen Oolithe zusammen entsprechen und sonach mit dem grössten Theile der Bathgruppe parallelisirt werden können.

Ueber diesem Gebilde findet sich namentlich bei Geerzen in der Nähe von Alfeld ein gelbbrauner, thoniger Kalkstein vor, welcher nach oben gänzlich in Thon übergeht und durch seine Versteinerungen sich als das vollkommene Analogon des Bradfordthones erkennen lässt.

Wenn in dieser Weise die Bathgruppe in Norddeutschland nur §. 547.
schwach entwickelt ist, so zeigt sich im Gegentheile die Oxfordgruppe desto ausgiebiger ausgebildet. Sie beginnt mit dem eigentlichen Oxfordthone, welcher indess nur an einer einzigen Stelle, an dem Lindnerberge bei Hannover, beim Graben eines Brunnens in Gestalt eines blauen Thones, der viele Ammoniten enthielt, angetroffen wurde.

Ueber diesem Thone findet sich nun eine Menge von Schichten, die ein gewaltiges Lager bilden, welches man im Allgemeinen als *Coral-rag* bezeichnet hat und in welchem man folgende Gruppen unterscheiden kann.

Die untersten Schichten bestehen aus kalkigen, weichen, braunen Sandsteinen, die mit braunen, quarzigen Kalksteinen und Oolithen wech-

seln, zuweilen versteinerte Baumstämme enthalten und viele Versteinerungen einschliessen, welche ein Gemisch solcher Muscheln darstellt, die von d'Orbigny in seinen beiden Stockwerken, des *Corallien* und *Oxfordien*, aufgeführt werden.

Ueber diesem unteren hauptsächlichen sandigen Gebilde ruht nun der wahre Korallenkalk, der aus hellem, gelblichem, dichten, halbkrystallinischem Kalksteine besteht, welcher fast nur aus mächtigen Korallen aufgehäuft ist, die offenbar, besonders am Lindnerberge bei Hannover, ein eben solches Korallenriff bildeten, wie man diese im schwäbischen und schweizerischen Jura in grösster Ausdehnung nachgewiesen hat.

Auf dem wahren Korallenkalke lagern graue oder röthliche Massen krystallinischen Dolomites, der steile nackte Wände, viele Höhlungen und höchst eigenthümliche Formen zeigt, die aus seiner Verwitterung und Auswaschung hervorgehen. Die Versteinerungen sind in diesen Dolomiten entweder gänzlich verschwunden oder in den Mergellagen, die dazwischen vorkommen, zwar noch erhalten, aber nur in der Gestalt schlechter Steinkerne, so dass sie keine genaue Bestimmung zulassen.

Als oberste Schicht des Korallenkalkes zeigen sich dichte, graue Kalke, gelbliche Oolithe, die mit feinkörnigen, thonigen Sandsteinen abwechseln und einige nicht unbedeutende Gebirgszüge bilden, die einen grossen Einfluss auf die Bodenbildung im nördlichen Westphalen besonders haben. Diese oberen Korallenkalke zeigen besonders *Gryphaea dilatata* und dürften dem eigentlichen *Corallien* d'Orbigny's entsprechen.

Die Meeresbildungen des Jura endigen nach oben mit einer wenig mächtigen Ablagerung graulicher, sandiger, dichter Kalkmergel, welche im Ganzen nur wenige Versteinerungen enthalten und die dem Portlandgebilde entsprechen dürften.

§. 548. Das Wäldergebirge ist fast ganz in derselben Weise wie in England entwickelt und dürfte im Ganzen eine Mächtigkeit von 300 Metern erreichen. Der Purbeckkalk wird hier durch schwarze Mergel mit knolligem Thoneisenstein vertreten, welche sich namentlich zwischen Rothenberg und der *Porta westphalica* finden, die aber bis jetzt noch keine Versteinerungen geliefert haben. Ueber diesen Mergeln findet sich der Hastingsandstein in sehr untergeordneter Ausbildung als eine weissliche, gelbliche oder graue, in dicke Bänke abgesonderte Sandsteinmasse, welche dunkle Letten und Thonschiefer einschliesst, innerhalb derer sich einige Kohlenflötze befinden, die an verschiedenen Orten, wie namentlich am Süntel und bei Osnabrück ausgebeutet werden.

Die Abdrücke, welche diese Steinkohlen begleiten, weisen auf dieselben nacktsamigen Pflanzen hin, die wir auch schon in England erwähnten. Als letztes Glied findet sich der eigentliche **Wälderthon**, eine mächtige Lettenschicht, die in ihren oberen Lagen hin und wieder in ein dünngeschichtetes quarzfelsähnliches Gestein übergeht und eine Menge von Versteinerungen enthält, die alle offenbar solchen Thieren angehören, welche nur in süssem Wasser vorkommen. Es zeichnen sich unter diesen Versteinerungen namentlich eine Art von *Cypris*, Paludinen, Unionen und ähnliche Muscheln aus, und auch Schildkröten sind ebenso wie in dem englischen Wäldergebirge in dem norddeutschen vorgefunden worden.

Jura in Frankreich.

Die jurassischen Gebilde zeigen sich in Frankreich in Gestalt §. 549. zweier Ringe, von denen der südliche mehr geschlossen, der nördliche dagegen, gegen den Canal hin, weit geöffnet ist, so dass das Ganze etwa die Gestalt einer Acht hat, welche über Nevers, Bourges, Chateauroux und Poitiers zu einem Knoten geschürzt ist. Der südliche Ring ist, wie schon bemerkt, fast vollständig und umgiebt im Kreise das granitische Centralplateau Frankreichs mit den vulcanischen Kegeln der Auvergne, welche sich darüber erheben; — nur im Osten findet sich eine Strecke, zwischen Valence und Lyon, wo der Kreis nicht vollkommen geschlossen ist, sondern die granitischen Gebilde unmittelbar bis zur Rhone reichen und auf dem linken Ufer derselben von Tertiärgebilden der Boden überdeckt wird. Mit Ausnahme dieser Stelle verfolgt man die jurassischen Schichten fast stets in vollständigem Zusammenhange von Valence südlich bis in die Nähe von Montpellier, von da in nordwestlichem Zuge streichend über Rhodès, Cahors und Angoulême bis nach La Rochelle, wo sie das Ufer des Oceans erreichen und mit dem Zuge zusammentreffen, welcher den nördlichen Ring bildet. Von La Rochelle aus verfolgt man sie in nordöstlicher Richtung bis nach Nevers und Auxerre, von wo dann theils der östliche Schenkel des nördlichen Ringes abgeht, und andererseits sich eine schmale Bande längs des Laufes der Saône verfolgen lässt, die mit Unterbrechungen an ihrem Ende bis nach Lyon hinabreicht. Auf diesem ganzen weiten Umkreise fallen sämmtliche Schichten von dem Mittelpunkte des Centralplateaus aus nach aussen hin ein, so dass man die tieferen Schichten theils unmittelbar auf dem Centralplateau und seinen granitischen Gesteinen, theils auf der Trias und dem Kohlengebilde auflagernd findet, während die höheren jurassischen Gebilde mehr nach aussen zu finden sind, wo sie von der Kreide und den Tertiärschichten überlagert werden. Die Unterbrechungen und Inselräume, welche man auf

Fig. 281.



Ausbreitung der jurassischen Gebilde in Frankreich.

A England. *B* Canal. *C* Ocean. *D* Centralplateau. *E* Pariser Tertiärbecken. *F* Vogesen. *G* Ardennen. *H* Südalpen. *I* Mittelmeer.

1 Seine. 2 Loire. 3 Garonne. 4 Rhone. 5 Saone. 6 Isère. 7 Durance.

a Boulogne. *b* Honfleur. *c* Caen. *d* Rouen. *e* Paris. *f* Alençon. *g* Nantes. *h* Blois. *i* Orleans. *k* Niort. *l* Poitiers. *m* Bordeaux. *n* Cahors. *o* Rhodes. *p* Montpellier. *q* Marseille. *r* Gap. *s* Grenoble. *t* Valence *u* Lyon. *v* Mâcon. *w* Genf. *x* Dijon. *y* Besançon. *z* Vésoul. *α* Troyes. *β* Châlons. *γ* Bar-le-Duc. *δ* Nancy. *ε* Metz. *ζ* Auxerre. *η* Nevers. *ϑ* Bourges. *λ* Chateauroux. *μ* Meziers. *π* Angoulème.

der hier gegebenen Karte bemerkt, kommen hauptsächlich von dieser Ueberlagerung her, die an vielen Orten die darunter liegenden jurassischen Gesteine verdeckt und dadurch die Bande scheinbar unterbricht, die doch als ein zusammenhängendes Ganze sich darstellt, sobald man diese Kreide und Tertiärschichten durchsenkt.

Anders verhält sich der nördliche Ring, der in weitem Kreise das Tertiärbecken von Paris umgiebt und dessen weitere Fortsetzung nach England hinüber durch den Canal unterbrochen ist. Der westliche Schenkel dieses Ringes bildet die genaue Fortsetzung des jurassischen Bandes, welches England durchzieht, so dass die Schichtenrichtung bei Caën vollkommen auf die gegenüberliegende Halbinsel Portland hinweist, welche die südlichste Spitze des englischen Jura bildet. Von Caën und Honfleur, wo dieser Schenkel die Küsten des Meeres bildet, lässt er sich in nordsüdlicher Richtung über Alençon bis in die Nähe der Loire verfolgen, wo er durch die Kreidegebilde überlagert wird und erst auf dem südlichen Ufer der Loire wieder erscheint, um sich hier an das beiden Ringen gemeinschaftliche, über Poitiers und Nevers laufende jurassische Querband anzuschliessen. Die Schichten fallen in dem ganzen Verlaufe dieses westlichen Schenkels von West nach Ost gegen Paris ein und der Lias ruht überall fast unmittelbar auf den Uebergangsgebilden der Bretagne auf, während nach Osten hin die Kreide und die Tertiärgebilde von Paris auf den höheren Juraschichten auflagern. In dem beiden Ringen gemeinschaftlichen Querbande, zwischen Poitiers und Nevers, fallen ebenso sämmtliche Schichten von dem granitischen Centralplateau ab und gegen Paris hin ein. Von Nevers aus erstreckt sich der östliche Schenkel des Nordringes in stets zunehmender Breite und gekrümmter Gestalt über Auxerre, Chaumont, Bar-le-Duc und Nancy bis gegen Metz hin, in Gestalt breiter Plateaus, deren Schichten auf den Triasgebilden der Lorraine und diese auf dem Kerne des Vogesengebirges auflagern. Von Metz aus wendet sich das jurassische Band, zusehends schmäler werdend, in nordwestlicher Richtung gegen Meziers hin, indem es dem Südrande der Ardennen folgt. Nordwestlich von der genannten Stadt verschwinden die jurassischen Gebilde unter der überlagernden Kreide und dem Tertiärsysteme, und erst bei Boulogne an dem Ufer des Canals selbst zeigt sich ein kleiner Flecken jurassischer Gebilde entblösst, der wohl zeigt, dass der Ring auch auf dieser Seite geschlossen und seine Fortsetzung zwischen Meziers und Boulogne nur durch die Ueberlagerung verdeckt ist. §. 550.

In diesem ganzen östlichen Flügel des Ringes lagern die tieferen Schichten unmittelbar auf der Trias der Lorraine und den Uebergangsgebilden der Ardennen auf, während die Schichten gegen Paris hin einschiessen. Es ergiebt sich also aus dieser Stellung, dass der ganze nördliche Ring nur die Flügel einer weiten kreisförmigen Mulde dar-

stellt, innerhalb welcher die Kreide- und Tertiärgebilde abgelagert sind.

Nach Osten hin hängt der nördliche Ring durch einen schmalen Arm, welcher sich um die Südspitze der Vogesen herumschlingt, mit demjenigen Theile zusammen, den man in der Schweiz und Frankreich vorzugsweise als Juragebirge bezeichnet und der aus einer Menge paralleler Ketten besteht, welche in weitem Halbkreise von Basel bis Genf und Lyon sich verfolgen lassen. Wir werden in einem folgenden Abschnitte die Ausbreitung dieser Gebilde, die nur theilweise zu Frankreich gehören, näher in das Auge fassen, da sie in vieler Beziehung von dem übrigen jurassischen Systeme in Frankreich abweichen, das fast überall weit ausgedehnte Plateaus bildet, die von den festeren Kalkschichten zusammengesetzt werden, und an deren Fusse sich die Mergellager in Form sanfter Abhänge zeigen. So findet man beim Eindringen von Osten her, gegen Paris, drei, fast concentrische Linien steiler Terrassen, welche, Gürteln gleich, sich um den Mittelpunkt herumziehen und successiv die Schichtenköpfe der aufeinander folgenden jurassischen Stockwerke darbieten, dadurch natürliche Vertheidigungslinien gegen einen von Osten kommenden Andrang darstellend.

§. 551. Der französische Jura ist namentlich in den letzten Jahren, nachdem seine petrographische Beschaffenheit längst ausreichend bekannt war, auch in paläontologischer Beziehung durch d'Orbigny sehr genau untersucht worden. Derselbe hat eine grosse Anzahl einzelner Stockwerke unterschieden, welche im Ganzen genommen allerdings eine sehr verschiedene Fauna zeigen, deren Feststellung indessen als ganz besondere Schöpfungsperioden eine bedeutende Schwierigkeit haben dürfte, indem man jetzt schon nachweisen kann, dass viele solcher Stockwerke, die z. B. bei Caën, genau und schroff getrennt sind, in dem eigentlichen Jura zusammenfliessen und nicht mehr deutlich sich erkennen lassen. Wir werden diese Stockwerke in der Art und Weise, wie sie jetzt unterschieden werden, angeben, indem wir die älteren Bezeichnungen, welche meistentheils grösseren Gruppen entsprechen, ebenfalls aufführen.

§. 552. Der Lias bildet ein schmales, langes Band längs des Westrandes der Vogesen, wo er unmittelbar auf den triasischen Gebilden aufruht und von wo aus er in den schweizerischen Jura hinüberdringt, indem er zugleich einige isolirte Lappen in der Nähe von Strassburg und Gundershofen bildet. Dann findet man ihn wieder hart an dem Rande des Centralplateaus, wo er fast überall erscheint, und weiterhin sieht man ihn auch an dem Ostrande der Halbinsel der Bretagne, namentlich bei Bayeux und Fontaine-Etoupe-Four (Calvados). Im Umkreise der Vogesen, wo er überall auf dem Keuper aufruht, zeigt sich stets als

Basis ein grobkörniger Sandstein, der bei Sémur eisenhaltig wird und dort, sowie auch bei Beauregard, vielfältig dieses Eisens wegen ausgebeutet wird. Es findet sich dieser Liassandstein überall, wo Keuper oder ähnliche Sandsteine die Basis bilden, auf welcher der Jura aufruht, und er wird bedeckt von Mergeln, die nur eine geringe Beständigkeit haben und wie der Sandstein die *Cardinia concinna* als besondere Leitmuschel enthalten. Ueber diesen, nur hier und da vorkommenden Sand- und Mergelschichten findet sich nun der eigentliche Gryphitenkalk, welcher thonhaltig, dünnschiefrig, meist von schwärzlicher Farbe ist, überall einen constanten Horizont bildet und eine Masse von *Gryphaea arcuata* als Leitmuschel enthält. Diese schwärzlichen Kalke mit *Gryphaea arcuata* und *Spirifer Walcotti* werden nebst den Liassandsteinen von d'Orbigny unter dem Namen des Stockwerks von Sémur (*Etage Sinémurien*) unterschieden.

Ueber diesen Kalken liegen die Schichten des mittleren Lias, welche gewöhnlich aus grauen oder schwärzlichen Thonen bestehen, die eine schiefrig blätterige Structur haben und mehr oder minder erhärtet sind. Zuweilen entwickelt sich in diesen Schiefer-Thonen eine bedeutende Menge von Eisenkies, welcher besonders sich an den Fossilien anhäuft. An vielen Orten, wo der Gryphitenkalk fehlt, liegt dieses Stockwerk unmittelbar auf den älteren Schichten auf und ist dann aus Sandsteinen oder aus sandigen Kalken gebildet. An anderen Orten finden sich sogar feste, gelbliche oder dunkelblaue und schwärzliche Kalke, die aber statt der *Gryphaea arcuata* die gewöhnlichen Leitmuscheln dieses Stockwerkes, die *Gryphaea cymbium* und den *Ammonites margaritatus*, enthalten. Es ist dieses Stockwerk unter dem Namen *Etage liasien* von d'Orbigny unterschieden worden.

Der obere Lias, welchen d'Orbigny mit dem Namen Stockwerk von Thours (*Etage toarcien*) bezeichnet, besteht in dem Ringe um das Centralplateau und namentlich bei Niort aus einem gelben, thonigen Kalke, der in den Alpen schwarz wird und auf der Westseite der Vogesen von Thonen und Kalksteinen ersetzt wird, welche gewöhnlich eine grosse Menge von Glimmer enthalten und in ihren oberen Schichten bedeutende Eisenlager zeigen, welche ausgebeutet werden. In der Nähe der Bretagne besteht dieses Stockwerk aus zwei Schichtenlagen, aus einem bläulichen Kalke mit Kieselknollen, über welchem feste gelbe oder blaue thonige Kalke auflagern. Zu den ausgezeichnetsten Leitmuscheln dieses Stockwerks gehören *Ammonites bifrons*, *radians*, *Posidonomya Bronnii* und *Lima gigantea*. Mit den Schichten, welche diese Leitmuscheln enthalten, schliesst der Lias in ganz Frankreich überall sonst ab, und obgleich die Mergel, welche gewöhnlich diese Schichten bilden, an vielen Orten eine nur äusserst geringe Mächtigkeit haben, so zeigen

sie sich doch fast überall, wo der Lias überhaupt vorkommt, constant entwickelt.

§. 553. Die Einreihung und Parallelisirung der mittleren Juragebilde hat von jeher in allen Ländern die grösste Schwierigkeit verursacht. Unmittelbar auf den letzten Liasmergeln liegen diejenigen Gebilde, welche d'Orbigny unter dem Namen des Stockwerkes von Bayeux (*Etage Bajocien*) bezeichnet. In der Nähe von Bayeux, sowie in Calvados ist diese Abtheilung am besten entwickelt und besteht an ihrer Basis aus schiefrigem oder blätterigem, zuweilen sehr porösem, blauem, grünem oder braunrothem Eisenoolith, der höchstens zwei Meter Mächtigkeit zeigt und eine Menge von Ammoniten enthält, unter welchen namentlich der *Ammonites Parkinsoni* (*interruptus*) zu nennen ist. An vielen Orten ist dieser Eisenoolith durch Mergel oder Kalksteine ersetzt, in welchen dann gewöhnlich die Ammoniten fehlen und Schwämme und Seeigel hervortreten. Nach oben geht der Eisenoolith gewöhnlich in weisse compacte Kalke über, die allmälig blau und thonig werden und zuletzt von fetten dunkelblauen Mergeln mit einzelnen Kalkknoten und Gypslagern überlagert sind, die zuweilen eine Mächtigkeit von 10 Metern erreichen und der englischen Walkererde entsprechen. Mit dieser Ablagerung schliesst d'Orbigny sein Stockwerk von Bayeux.

§. 554. Auf der Walkererde ruht das Bathstockwerk (*Etage bathonien*), welches mit dem Hauptoolith beginnt. Dieser besteht in seinen unteren Schichten meist aus porösen, mehr oder minder eisenhaltigen, gelben, blätterigen Kalkbänken, die zuweilen gar keine Petrefacten enthalten; — dann folgen gewöhnlich dichte Kalke, die aus einer Unzahl zerbrochener Schalen von Stachelhäutern und Muschelthieren bestehen, mit Schwämmen und Korallen gemischt und durch eine bald mehr bald minder oolithische Grundmasse zusammengehalten. Das Korn dieser Kalkbänke wechselt oft, je nach den Bedingungen ihrer Bildung in ruhigem Meere oder an Küsten, die eine starke Brandung haben; oft werden sie als Bausteine ausgebeutet und gewöhnlich sind die einzelnen Lager durch Mergelschichten von einander getrennt. Das Auftreten von Korallen in diesem unteren Oolithe ist besonders für Frankreich eigenthümlich, wo ausserdem *Ammonites macrocephalus*, *discus*, *Ostrea acuminata*, *Terebratula digona* die hauptsächlichsten Leitmuscheln bilden. Die oberen Schichten dieses Hauptoolithes sind meistens compact graublau, marmorartig, enthalten nur wenige Versteinerungen und lassen sich dem *Forest marble* Englands vergleichen. Nur an einzelnen Orten, wo diese graublauen Kalke minder mächtig sind, enthalten sie eine ziemlich bedeutende Quantität von Fossilien, die indessen denen des Hauptoolithes vollkommen gleich sind. Der Bradfordthon, welcher in England so ausgezeichnet entwickelt ist, fehlt in Frankreich durchge-

hends, so dass ein allmäliger Uebergang aus dem Hauptoolith in den *Forest marble* stattfindet.

Ueber diesen Bildungen folgt der untere Oxfordthon, *Argile de Dives*, oder von d'Orbigny *Etage Callovien* genannt, welcher dem *Kelloway-rock* der Engländer entspricht, und als dessen hauptsächlichste Leitmuschel die *Gryphaea dilatata*, *Terebratula diphya* und *Ammonites Jason* erscheinen. Es sind graublaue Thone, welche überall durch ihre Fossilien einen leicht kenntlichen Horizont bilden und zuweilen mit Kalkschichten untermengt sind, die an einzelnen Orten vollkommen weiss und kreideähnlich werden. Am mächtigsten ist diese Schicht in dem Westflügel des nördlichen Ringes an der Küste des Meeres in den sogenannten *Vaches noires* entwickelt, während sie namentlich im Osten und gegen den eigentlichen Jura hin unzweifelhaft mit der darauf liegenden Schicht verschmilzt und nicht mehr von ihr getrennt werden kann. §. 555.

Die oberen Oxfordmergel, welche d'Orbigny als besonderes Stockwerk unter dem Namen *Etage Oxfordien* unterschieden hat, lassen sich deshalb auch nur selten mit vollkommener Sicherheit unterscheiden, da sie meistens ebenfalls aus dunkelblauen oder schwarzen Thonen bestehen, welche eine Menge von Muscheln und gerade die häufigsten mit der vorhergehenden Abtheilung gemein haben. An vielen Orten entwickelt sich in der Höhe dieses Oxfordlagers kalkiger Sandstein oder eisenschüssiger Oolith, zuweilen auch selbst ganz weisser zerreiblicher Kalk mit Kieselknollen, der einigermaassen der Kreide ähnlich wird. §. 556.

Ueber dieser Mergel- und Thonbildung liegt der eigentliche Korallenkalk (*Etage corallien*), der gewöhnlich in Form eines weissen oder grauen mergeligen Kalkes erscheint oder auch mächtige Massen weisser Kalksteine bildet, die zuweilen oolithisch werden und fast gänzlich aus Korallenbänken mit ihrer eigenthümlichen Fauna oder aus gerollten Korallenstücken bestehen. Eine Unzahl von Seelilien und Seeigeln, sowie von Muscheln finden sich zwischen diesen Korallenbänken angehäuft. In der Gegend von Lyon, bei Cerin, finden sich als höhere Schichten dieses Korallenkalkes lithographische Kalke vor, welche ganz dieselben Versteinerungen enthalten, wie die berühmten Schiefer von Solenhofen. §. 557.

Ueber dem Korallenkalke findet sich an einzelnen Orten in Frankreich, wie namentlich bei Boulogne und Auxerre, der Kimmeridge-Mergel, der sich besonders durch die *Gryphaea virgula* erkennen lässt und gewöhnlich aus gelben oder blauen Mergelthonen besteht, die zuweilen mit sandigen Kalken von geringer Mächtigkeit abwechseln. D'Orbigny hat auch diese gewöhnlich sehr wenig mächtige Schicht als besonderes Stockwerk (*Etage Kimméridgien*) unterschieden. §. 558.

Als letztes Glied des französischen Jura zeigt sich endlich auch, aber nur an einzelnen Orten, wie bei Boulogne, bei Auxerre u. s. w., §. 559.

der **Portlandkalk** (*Etage Portlandien*) als weisser compacter Kalk, der zuweilen schiefrig oder kieselig wird, an einigen Orten selbst in einen quarzigen Sandstein übergeht und namentlich durch *Ammonites giganteus*, *Trigonia gibbosa* und *Ostrea Bruntruthana* charakterisirt ist.

§. 560. Unter den Versteinerungen sind besonders folgende nennenswerth:

Sinémurien.

Belemnites acutus.
Ammonites bisulcatus.
„ *catena.*
„ *Conybeari.*
„ *kridion.*
Pleurotomaria anglica.
Cardinia concinna.
Avicula Sinemuriensis.
Gryphaea arcuata.
Spirifer Walcotti.
Cycadites pectinatus.

Liasien.

Belemnites niger.
Ammonites margaritatus.
„ *spinatus.*
Pleurotomaria expansa.
Pecten aequivalvis.
Gryphaea cymbium.
Terebratula numismalis.
„ *rimosa.*
Pentacrinus fasciculosus.

Toarcien.

Ammonites bifrons (Walcotti).
„ *serpentinus.*
„ *radians.*
„ *heterophyllus.*
Belemnites irregularis.
Turbo subplicatus.
Leda rostralis.
Lima gigantea.
Posidonomya Bronnii.
Ostrea Knorrii.
Pentacrinus vulgaris.

Bajocien.

Belemnites giganteus.
Nautilus lineatus.
Ammonites Parkinsoni (interruptus).
„ *Humphresianus.*
Turbo gibbosus.
Pholadomya fidicula.
Trigonia costata.
Terebratula (Hemithyris) spinosa.
„ *perovalis.*
Hyboclypus gibberulus.

Bathonien.

Ammonites bullatus.
„ *discus.*
Pholadomya gibbosa.
Ostrea acuminata.
Terebratula digona.
Clypeus patella.
Holectypus depressus.
Apiocrinus Parkinsoni.

Callovien.

Belemnites hirtatus.
Ammonites binula.
Ammonites Jason.
„ *coronatus.*

Trigonia elongata.
Gryphaea dilatata.
Ostrea Marshii.
Terebratula diphya.
Dysaster canaliculatus.

Oxfordien.

Ammonites cordatus.
„ *oculatus.*
„ *canaliculatus.*
„ *perarmatus.*
Pleurotomaria Buchiana.
Astarte ovata.
Trigonia clavellata.
Pecten lens.
Ostrea gregaria.
Terebratula varians.
Dysaster ovalis.
Pygaster umbrella.
Eryon arctiformis.

Corallien.

Ammonites Altenensis.
Nerinea Mandelslohi.
„ *fasciata.*
Trigonia Bronnii.
„ *Meriani.*
Diceras arietina.
Pygaster patelliformis.
Glypticus hieroglyphicus.
Hemicidaris crenularis.
Apiocrinus Roissyanus.

Kimmeridgien.

Ammonites decipiens.
Nerinea Gosae.
Pterocera Ponti.
Trigonia muricata.
Exogyra virgula.

Portlandien.

Ammonites giganteus.
Natica elegans.
Mactra rostrata.
Lucina Portlandica.
Ostrea Bruntruthana.

Das Juragebirge in der Schweiz und im südwestlichen Frankreich.

Dieser Theil der jurassischen Gebilde, welcher auch besonders unter dem Namen des Mont Jura begriffen wird, bildet einen weiten Bogen, welcher nördlich an dem Rheine beginnt und durch einige Ausläufer, wie namentlich durch den hohen Randen bei Schaffhausen mit dem süddeutschen Jura zusammenhängt. Von dort aus zieht sich das Gebirge bogenförmig nach Südosten, indem sein südlicher Rand von dem Laufe der Aar, den Seen von Biel und Neufchatel gebildet wird, hinab in die Nähe von Genf, wo es, der Rhone folgend, bis in die Gegend von Aix und Lyon sich verfolgen lässt. Der westliche Abhang läuft über Bourg-en-Bresse und Lons-le-Saulnier nach Besançon, in welcher Gegend das Gebirge mit der breiten Ausdehnung jurassischer §. 561.

Gebilde zusammenhängt, welche längs des westlichen und südlichen Randes der Vogesen sich ausbreiten. In diesem ganzen Bereiche zeigt sich der Jura mit hohen, eintönigen Kalkmauern, welche mehr oder minder tief eingeschnitten sind. Die älteren Schichten erscheinen mehr im Norden, besonders im Canton Basel zu Tage gehend: je mehr nach Süden hin sich die Bergkette fortzieht, desto seltener werden die Aufbrüche, welche ältere Schichten an der Oberfläche erscheinen lassen, und desto mächtiger entwickeln sich die oberen Lager. Im Allgemeinen bilden die mächtigen Kalkmassen der oberen Systeme die Decke des Gebirges, und tiefe Längen- und Querrisse zeigen die

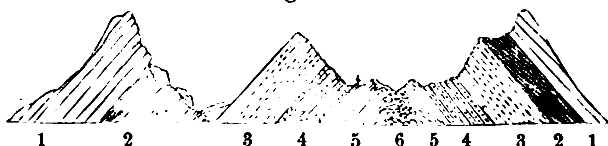
Fig. 282.



Plan eines Aufrissthales (Ruz) im französischen Jura.

unteren Schichten. In solchen Längenrissen stellen sich dann die einzelnen Kalklager als hohe Lippen dar, deren eine meist niedriger ist als die andere; die dem Riss zugewandte Seite ist meist ungemein schroff, steil abgerissen, während die andere nach aussen gerichtete von den aufgerichteten Schichtflächen selbst gebildet wird. Der hier beigefügte Querdurchschnitt des Bärschwyler Thales bietet eines der schönsten Beispiele für die Structur dieser Thäler des Jura. In der Mitte die gegen einander gestellten Schichten des Keupers, einen zerbröckelten Gypsknoten umschliessend, und an diese angelehnt in gleichmässiger

Fig. 283.



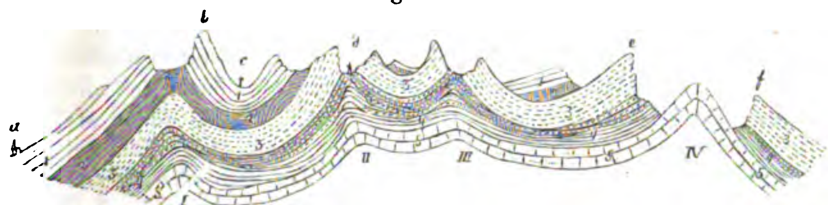
Querdurchschnitt des Thales von Bärschwyl im Solothurner Jura.
1 Portland- und Korallenkalk. 2 Oxfordmergel. 3 Unterer Oolith. 4 Lias. 5 Keuper. 6 Gyps.

Folge die übrigen Gebilde. Die harten Kalke des Oolithes bilden die erste, innerste Lippe des Aufrisses; die äusserste ist von dem Portlandkalke gebildet, der auf der einen Seite in weit bedeutenderer Masse entwickelt ist.

Betrachtet man den schweizerischen Jura im Ganzen, so bietet er mehre, ziemlich parallele Faltenbiegungen dar, welche sich von Ost

nach West erstrecken, indess dennoch fächerartig von einem in der Nähe von Basel gelegenen Centralpunkte auszugehen scheinen. Die Ketten unterscheiden sich wesentlich dadurch von einander, dass die Aufrisse mehr oder minder tief in das Innere dringen, wie dies auf dem hier gegebenen Durchschnitte sehr deutlich hervortritt. Je mehr die tieferen Schichten hervortreten, desto zerrissener ist natürlich auch das Gebirge. So erscheint in dem beigefügten Querdurchschnitte die Kette des Weissensteines als die einfachste, da der Grund ihrer Thäler von dem Oxfordmergel gebildet wird, und nur der zerrissene Portlandkalk die Lippen der Thäler darstellt. In der Kette des Hauensteines geht der Riss schon bis auf den Lias; die inneren Lippen der Thäler sind vom Oolithe gebildet und der Portlandkalk nur stellenweise als äussere Bekleidung vorhanden. Beim Passwang wiederholt sich dies Verhältniss; — im Mont Terrible aber brechen die Schichten bis zum Muschelkalke auf, der als domförmige Erhebung in der Mitte der Thäler auftritt.

Fig. 284.



Querdurchschnitt eines Theiles des schweizerischen Jura.
1 Portland- und Korallenkalk. 2 Oxfordmergel. 3 Unterer Oolith. 4 Lias und Keuper. 5 Muschelkalk.
I Kette des Weissenstein. *II* Der Hauenstein. *III* Der Passwang. *IV* Der Mont Terrible.
a Egerkingen. *b* Die Hohefluh. *c* Bärschwyl. *d* Schönthal. *e* Der Rehhag. *f* Der Renken.

Die untere Grenze der jurassischen Gebilde ist nicht immer leicht zu bestimmen, namentlich in den Gegenden, in welchen der Keuper in den Aufbrüchen zu Tage kommt, da derselbe überall die nämliche Schichtung hat, wie die ächten Liasschichten, und meistentheils einige schwache Lager von Sandsteinen oder Schiefern zwischen beiden Gebilden vorkommen, die man bald zu dem einen, bald zu dem anderen ziehen kann. In einigen Gegenden, wo evident Meeresufer existirten, findet sich an der Basis des Lias eine Schicht von Sandsteinen, die durch die Gryphäen und Ammoniten, welche sie enthält, offenbar dem Lias zugezählt werden müssen. Man findet solche Sandsteine namentlich bei Schaffhausen, im Aargau und im Departement der oberen Saône; überall sonst finden sich als unterste Lager der Liaskalk oder Gryphytenkalk von bräunlicher oder graublauer Farbe, muscheligem oder §. 562.

splitterigem Bruche, in welchem die *Gryphaea arcuata* in so grosser Menge eingebacken ist, dass ihre Muscheln für sich allein, namentlich gegen den Schwarzwald hin, ganze Bänke bilden. In dieser Weise zeigt sich der untere Lias, namentlich in den Cantonen Basel und Aargau, sowie in dem westlichen Theile des französischen Jura. Zuweilen ist dieser Liaskalk durch dünne Schiefermergel ersetzt, und oft enthält er Flecken von Eisenoxyd oder Bergöl. Er hat eine mittlere Mächtigkeit von 6 Metern etwa und enthält neben den Gryphäen namentlich noch *Cardinia concinna*, *Lima gigantea* und *Ammonites psilonotus*. Er entspricht, wie man sieht, dem *Sinémurien* von d'Orbigny.

§. 563. Ueber den Gryphitenkalken liegen die mittleren Liasmergel von blauschwarzer oder dunkelgrauer Farbe, die meist eine grosse Quantität bituminöser Stoffe enthalten, oft schiefrige oder blätterige Structur haben und beim Anrühren mit Wasser einen plastischen Teig bilden. Hier und da entwickeln sich zwischen diesen Mergeln rauchgraue compacte Kalksteine, die einen matten Bruch haben und sich äusserst leicht an der Luft spalten und zersetzen. Die *Gryphaea cymbium* charakterisirt diese Schicht, die etwa 10 Meter Mächtigkeit hat und die man auch Balinger Mergel genannt hat. Die *Terebratula numismalis*, welche in Deutschland diese Schicht charakterisirt, findet sich auch in dem französischen Jura vor. In den oberen Theilen dieser Mergel herrschen meist die Kalkbänke vor, die dann viele Belemniten zeigen, und zuletzt kommen wieder Mergel, welche den *Ammonites margaritatus* und die *Plicatula spinosa* enthalten.

§. 564. Der obere Lias oder das *Toarcien* von d'Orbigny lässt an vielen Orten drei verschiedene Gruppen unterscheiden; zu unterst liegen bituminöse Schiefer von schwarzer oder dunkelgrauer Farbe, in welchen zuweilen der Asphalt so reichlich entwickelt ist, dass er ausgebeutet werden kann. Manchmal finden sich darin linsenförmige Kalkknollen oder Eisenlager, und als charakteristische Versteinerung kann die *Posidonomya Bronnii* für diese Schiefer genannt werden, welche den so versteinerungsreichen Schiefern von Boll in Würtemberg entsprechen. Ueber diesen Schiefern liegen bläuliche Mergel mit Schwefelkiesen, welche besonders viele Arten von *Trochus* enthalten und den Jurensis-Mergeln, sowie theilweise dem Opalinusthon in Schwaben entsprechen. In der Nähe der Vogesen bestand zur Zeit des Absatzes dieser Schichten ein Meeresarm, der weit in das Elsass hineinreichte und durch eine Uferformation charakterisirt ist, in welcher man besonders die *Trigonia navis* sehr häufig findet.

Ueber diesen Mergeln liegen mürbe Schichten eines rauhen kalkigen Sandsteines, der mit häufigen Zwischenlagern von rothgrauen Mergeln wechselt und nur wenige Fossilien enthält, unter welchen sich namentlich der *Ammonites opalinus* auszeichnet; ausserdem zeigen sich

in diesen Sandsteinen noch hier und da verkohlte Pflanzenreste und Abdrücke von Pflanzen, die sich indessen nicht bestimmen lassen.

Ueber dem Lias folgt ein Horizont mächtiger Kalksteine, welche §. 565.
den unteren Oolith bilden und die in 6 Unterabtheilungen getheilt werden können, welche indessen hier und da in einander übergehen, so dass man sie nicht überall vollständig unterscheiden kann. Es entsprechen diese Schichten des unteren Oolithes wesentlich den Gebilden des englischen Juras, die von dem Lias bis zu dem Cornbrash einander folgen. Am Grunde findet sich der Eisenoolith oder Eisenroggenstein, aus oolithischen, sehr incohärenten Kalkbänken von meist rothgelber Farbe gebildet, die mit braunrothen oder blauen, kaum geschichteten Mergeln wechseln und viele Eisenkörner enthalten, welche zuweilen bis zur Grösse einer Faust anwachsen. Diese Schichten enthalten zahlreiche Fossilien, deren Vertheilung indessen sehr wechselt. Meistens besitzen dieselben noch ihre Schale und sind sogar in Eisenerz umgewandelt.

Darüber liegen dichte Kalksteine, zuweilen sehr fein oolithisch mit unebenem, rauhem Bruche von graugelber Farbe, die zuweilen plattenförmig abgelagert sind, meist aber deutliche dicke Schichten von etwa einem halben Meter Dicke bilden und hauptsächlich zu Bausteinen ausgebeutet werden. Marcou hat diesen festen unteren Oolith mit dem Namen des Lonskalkes (*Calcaire laidonien*) bezeichnet. Die oberen Schichten dieses Kalkes sind meistens grau und sehr zäh und enthalten viele Korallen und zahlreiche Kieselknollen, welche beim Zerschlagen schneidende Stücke bilden. Diese Polypenkalke sind wesentlich nur in dem französischen Theile des Jura ausgebildet, verschmelzen aber sonst im schweizerischen Jura mit dem unterliegenden Oolith.

Ueber diesen Oolithen folgen graugelbe, bläuliche oder röthliche, rauhe Mergel, welche eine grosse Menge haselnussgrosser Kalkknollen enthalten und namentlich durch die *Ostrea acuminata* ausgezeichnet sind, welche neben einer Menge anderer Versteinerungen als wesentliche Leitmuschel in ihnen vorkommt. Es scheinen diese Mergel der Walkererde zu entsprechen.

Ueber diesem Mergellager, welches von Marcou mit dem Namen der Vésoulmergel (*Marne vésoulienne*) bezeichnet worden ist, liegen compacte oolithische Kalksteine mit weisser oder grauer Grundmasse und weissen oder röthlichen, gewöhnlich nett getrennten hirsekorngrossen Oolithen, die wohl ohne Zweifel dem grossen Oolith und dem *Forest marble*, sowie dem *Bathonien* des übrigen Frankreichs entsprechen. Nach oben gehen diese Oolithe, die gewöhnlich dünn geschichtet sind und sehr wenige schlecht erhaltene Versteinerungen zeigen, in graublaue, feine Kalke mit muscheligem Bruche über, die man dann besonders als *Forest marble* unterschieden hat.

Als letzte Schicht des unteren Oolithes zeigt sich der Cornbrash,

welcher bald von feinen Oolithen, bald aber, namentlich im Berner Jura aus schiefrigen Platten von breccienartiger Structur gebildet wird, welche eine Menge glänzender Blättchen zeigen, die theils von Spathkrystallen, theils von Muschelresten herrühren. Man hat diesen Perlmutterkalk, der im schweizerischen Jura einen ziemlich beständigen Horizont bildet, unter dem Namen *Dalle nacrée* unterschieden und viele Schwammkorallen, Schwämme und Seeigel darin gefunden.

§. 566. Auf das mächtige Kalkstockwerk des unteren Oolithes, dessen einzelne Abtheilungen wir soeben betrachtet haben, folgt wieder eine mehr mergelige und thonige Abtheilung, welche in Farbe und äusserem Verhalten dem Lias so sehr entspricht, dass ohne die Versteinerungen eine Unterscheidung da ziemlich schwer werden würde, wo keine genauere Beobachtungen über die Lagerung möglich sind. Dieses hauptsächlich mergelige Stockwerk wird von der Oxfordgruppe gebildet und besteht aus folgenden einzelnen Abtheilungen. An der Basis finden sich gelbliche oder graubläuliche, rauhbrüchige Mergelkalke, welche gewöhnlich eine Schieferstructur zeigen und häufig linsenförmige Eisenkörner enthalten, die dem Bohnerz sehr ähnlich sehen. Diese erdigen Mergelkalke zersetzen sich an der Luft leicht, so dass die Eisenkörner durch einfaches Wasser getrennt und ausgebeutet werden können; sie enthalten namentlich den *Belemnites latesulcatus* und entsprechen dem *Callovien* oder dem *Kelloway-rock* der Engländer. Nach oben gehen diese Eisenlager der Oxfordgruppe allmälig in die eigentlichen Oxfordmergel über; fette blauschwarze Mergel, die oft Kohle und bituminöse Stoffe enthalten, stark aufbrausen, an der Luft sich zerspalten und zersetzen und eine schiefrige Structur besitzen. Diese Mergel bilden einen der verbreitetsten Horizonte im Juragebirge und theilen sich in zwei Gruppen, indem in den unteren Lagern die Versteinerungen alle in Schwefelkies verwandelt sind, während in den oberen Schichten, wo auch bläuliche Mergelkalke und schiefrige Sandsteine sich einmengen, die Versteinerungen alle ihre Kalkschalen behalten haben. Im oberen Aargau sind diese oberen Mergel, welche Marcou unter dem Namen der Aargauer Mergel (*Argovien*) unterschieden hat, zu schiefrigen Mergelkalken geworden, die einen erdigen Bruch haben, kopfgrosse Knollen, viele Schwämme enthalten und unter dem Namen des Lettsteines in der Gegend bekannt sind.

§. 567. Ueber der Oxfordgruppe beginnt ein neuer Horizont mächtiger Kalke, die man im Allgemeinen als Korallenkalke bezeichnet. An der Basis dieser Kalksteine findet sich an den meisten Orten ein höchst eigenthümlicher Horizont, den man mit dem Namen des Knotenkalkes (*Terrain à chailles*) bezeichnet und gewöhnlich noch der Oxfordgruppe zugezählt hat, obgleich er allen Charakteren nach dem Korallenkalke angehört. Dieser Knotenkalk bildet mergelige Kalkbänke von blaugrauer oder Ocker-Farbe, die eine Menge rundlicher, kugelförmiger,

kieseliger Kalkconcretionen enthalten, welche durch ihre weisse Farbe und ockerige Oberfläche stark aus den Mergelkalken, die sie einschliessen, hervortreten und namentlich beim Verwittern sehr sichtbar werden. Die eigenthümliche Ausbildung dieser Knotenkalke hängt hauptsächlich von der ungemeinen Entwickelung der Seelilien ab, die an einzelnen Orten wahre Wälder bildeten und nebst den Seeigeln Bänke zusammensetzten, zwischen welchen das brandende Meer Korallenstücke umherrollte, welche allmälig die Kerne jener Knoten bildeten. Auf diesen Knotenkalken, die namentlich in der Nähe der Korallenbänke eine ziemlich ausgedehnte Verbreitung zeigen, folgt nun der eigentliche Korallenkalk, der da, wo er im hohen Meer abgesetzt ist, gewöhnlich ein äusserst feines Korn und graue oder weisse Farbe und splitterigen Bruch zeigt; an vielen Stellen findet man zwischen den Korallen, welche in diesem Kalke in Unmasse entwickelt sind, den Kalk ganz zerreiblich, erdig und der weissen Kreide ähnlich. In seinen oberen Lagern wird der Korallenkalk öfters oolithisch und enthält dann fast nur gänzlich zerriebene Stücke unkenntlich gewordener Versteinerungen. In dem bernischen Jura, sowie in der oberen Saône zeigt sich in diesen oolithischen Korallenkalken eine locale Schicht, welche eine ungeheure Menge einer einzigen Schnecke, der *Nerinea Bruntruthana*, enthält und deshalb als Nerineenkalk (*Calcaire à Nerinées*) unterschieden worden ist.

Ueber diesen Kalken folgt eine dünne, höchstens einen Meter mächtige Schicht, weisslicher sandiger Mergel, zwischen denen feine Kalk- oder Sandschiefer eingelagert sind, und die eine Unzahl von Fossilien enthalten, unter welchen die *Astarte minima* besonders zu nennen ist. Nach oben gehen diese Mergel in einen compacten feinen Kalk mit muscheligem Bruche über, den man ebenfalls häufig unter dem Namen des Astartenkalkes (*Calcaire à Astartes*) oder des *Calcaire Séquanien* bezeichnet hat.

Die Kimmeridge-Gruppe besteht an ihrer Basis aus kalkigen, sandigen und erdigen Mergeln, die meist nur eine sehr geringe Mächtigkeit besitzen und an dem Banné bei Pruntrut am ausgezeichnetsten entwickelt sind. Auf ihnen liegen compacte Kalke mit zahlreichen Spathnestern von muscheligem Bruche, schiefriger Structur und röthlicher Farbe, welche nur höchst wenige schlecht erhaltene Fossilien zeigen. §. 568.

Die Portlandgruppe beginnt mit dünnen, grauen Mergeln, welche eine grosse Anzahl von *Exogyra virgula* enthalten und über welchen dann ungemein mächtige Kalkschichten sich ausdehnen, bald compact mit erdigem muscheligen Bruche, bald spathig oder breccienartig mit Korallen und Bruchstücken von Fossilien, erdiger und mergeliger da, wo die Ufer des Meeres waren, und dann reich an Fossilien; compacter §. 569.

und rein kalkig in den Hochseeregionen und dann oft gänzlich aller Versteinerungen entbehrend, mit Ausnahme einiger weniger Bänke, in denen sich Nerineen finden. Je weiter nach Süden man vordringt, desto mächtiger entwickeln sich diese oberen Kalke. Ihre Schichtenlager erreichen eine Höhe von fast 1000 Metern, die Kimmeridgemergel verschwinden fast gänzlich, und endlich bietet diese ganze obere Juragruppe nur eine einzige gewaltige Kalkmasse dar ohne bedeutende petrographische Unterschiede, in welcher nur hier und da einige Nerineenbänke einen Anhaltspunkt gewähren können, bevor man zu den Oxfordmergeln gelangt, welche gewöhnlich an der Basis dieser Kalkmassen hervortreten.

§. 570. Das Juragebirge ist Gegenstand sehr genauer Untersuchungen, besonders von Thurmann, Gressly und Marcou gewesen; Untersuchungen, in welchen namentlich nachgewiesen wurde, wie sehr die verschiedenen Schichtenablagerungen ihre Natur ändern, je nachdem sie an den alten Ufern des jurassischen Meeres als Uferschlamm, Sandlager und Gerölle, oder aber in der hohen See als feines Kalkpulver, oder in der Nähe der Korallenriffe als Brandungsproducte abgelagert wurden. Es ist nachgewiesen worden, dass die Natur der Fossilien und ihr Wechsel in derselben Schichtenreihe mit der petrographischen Beschaffenheit und der geographischen Lage des Ortes zur Zeit der Jurabildung in dem engsten Zusammenhange stehen, und dass die Mollusken, Polypen und Stachelhäuter sehr bestimmte Stationen einnehmen, welche auf der Natur des Ufers, der Tiefe des jurassischen Meeres und anderen Verhältnissen beruhen, die noch heutzutage den grössten Einfluss ausüben. Die Korallenbänke, welche in der Ausbreitung des Juragebirges vorkommen, sowie die Muschelbänke, die früheren Golfe und Flussmündungen, konnten durch diese Untersuchungen so genau begrenzt werden, dass Gressly und Marcou sogar in denjenigen Gegenden, welche sie genauer untersucht hatten, Karten derselben mit fast ebensoviel Sicherheit entwerfen konnten, als man heutzutage eine Karte der Korallenriffe der Südsee zeichnen kann.

§. 571. Als charakteristische Fossilien für die einzelnen Schichtengruppen verdienen besonders folgende Versteinerungen Erwähnung:

Im unteren Lias.

Belemnites acutus.
Nautilus intermedius (aratus).
Ammonites psilonotus (torus).
„ *Bucklandi.*
„ *Kridion.*
Gryphaea arcuata.
Pecten disciformis.
Lima gigantea.
Spirifer Walcotti.
Cardinia (Unio) concinna.
Pleuromya striatula.

Im mittleren Lias.

Belemnites paxillosus (*niger*; *Brouguerianus*).
Belemnites acutus.
Nautilus striatus.
Ammonites spinatus.
„ *Turneri.*
„ *bifer.*
Ammonites margaritatus (*amaltheus*).
Gryphaea cymbium var. ventricosa.
Pecten aequivalvis.
Plicatula spinosa.
Terebratula numismalis.
Pholadomya Voltzii (*ambigua*).

Im oberen Lias.

Lepidotus gigas.
Belemnites irregularis (*digitalis*).
„ *unisulcatus.*
Ammonites radians.
„ *opalinus* (*primordialis*).
„ *Raquinianus.*
„ *binus.*
Ammonites hircynus (*Germaini*).
„ *jurensis.*
Trochus duplicatus.
Pecten paradoxus.
Nucula Hammeri.
Posidonomya Bronnii.

Unter-Oolith.

Belemnites giganteus. Polypenkalk.
Ammonites subradiatus. Eisenoolith.
„ *Murchisonae.* „
„ *opalinus.* „
Ostrea Knorri. Vesoul-Mergel.
„ *acuminata.* „
Ostrea Marshii. Vesoul-Mergel
Lima proboscidea. „
Terebratula concinna. „
Homomya gibbosa. „
Dysaster ringens. „
Holectypus depressus. „

Oxfordgruppe.

Belemnites latesulcatus. Kelloway.
Nautilus hexagonus. „
Ammonites coronatus. „
„ *macrocephalus.* „
„ *anceps.* „
Terebratula spinosa. „
Trigonia monilifera. „
Sphenodus (*Lamna*) *longidens.* Oxford.
Belemnites hastatus. Oxford.
Ammonites flexuosus. „
„ *hecticus.* „
„ *annularis.* „
„ *Lamberti.* „
Ammonites Mariae. Oxford.
„ *Backeriae.* „
„ *ornatus.* „
„ *biplex.* „
Gryphaea dilatata. „
„ *gigantea.* „
Terebratula impressa. „
„ *globata.* „
„ *insignis.* „
Pholadomya exaltata. „
„ *ampla.* „
Dysaster propinquus. „
Pentacrinus pentagonalis. „

Korallenkalk.

Serpula grandis.
Nerinea Bruntruthana.
Ostrea eduliformis.
" *rostellaris.*
" *colubrina.*
Diceras arietina.
Pecten vimineus.
Hemicidaris crenularis.
Cidaris cervicalis.
Echinus perlatus.
Glypticus hieroglyphicus.
Apiocrinus rotundus.
Millecrinus rosaceus.
" *Beaumonti.*
Pentacrinus scalaris.
Agaricia fallax.
" *confusa.*
" *concinna.*

Astartenmergel und Kalk.
(*Groupe séquanien.*)

Melania (Chemnitzia) striata.
Natica turbiniformis.
" *macrostoma.*
Ostrea sandalina.
" *sequana.*
" *Bruntruthana.*
Pecten varians.
Trigonia suprajurensis.
Astarte minima.
Cidaris baculifera.
Diadema hemisphaericum.
Apiocrinus Meriani.

Kimmeridgemergel.

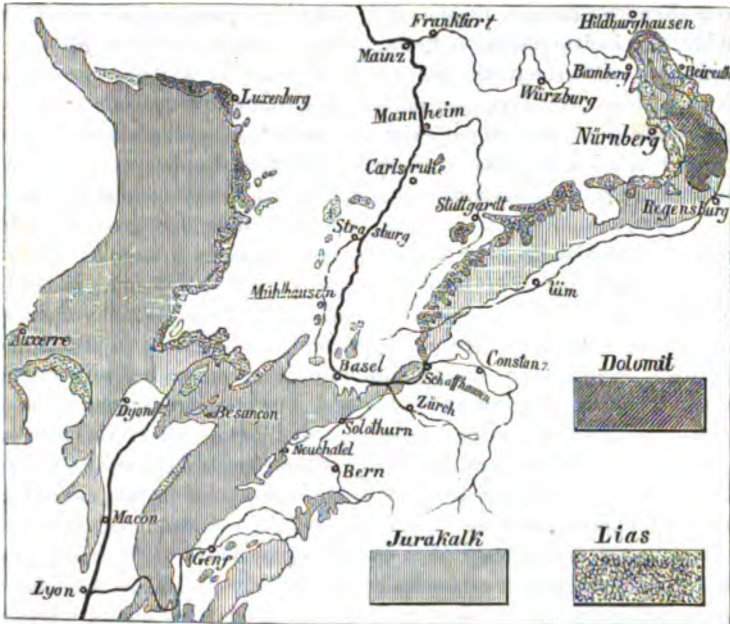
Nautilus giganteus.
" *gigas.*
Pteroceras Oceani.
Melania crystallina.
Ostrea solitaria.
Ceromya excentrica.
Pholodomya truncata.
Pleuromya donacina.
Avicula Gessneri.
Perna plana.

Portlandkalk.

Pycnodus Hugii.
Nerinea trinodosa.
" *salinensis.*
Exogyra virgula.
Trigonia concentrica.
Mactromya rugosa.

Jura im südlichen Deutschland.

Fig. 285.



Ausbreitung der jurassischen Gebilde im südlichen Deutschland, der Schweiz und dem nordwestlichen Frankreich.

Der Jura im Süden von Deutschland bildet einen weiten starkgekrümmten Bogen, der sich von Schaffhausen aus durch Schwaben und Franken bis in die Gegend von Bamberg und Baireuth erstreckt und in diesem Verlaufe, theils unter dem Namen der rauhen Alp, theils unter demjenigen der fränkischen Schweiz bekannt ist. Er stellt in dieser Weise nur eine Fortsetzung des eben betrachteten Juragebirges dar, das auf die östliche Seite des Schwarzwaldes hinübertritt und dem Zuge dieses Gebirges in einiger Entfernung folgt. Betrachtet man die Schichtenlagerung im Grossen, so zeigt sich auch überall eine Auflagerung derselben auf die triasischen Gebilde, welche wieder ihrerseits auf dem Kerne des Schwarzwaldes aufliegen, und in dem schwäbischen Jura namentlich ist es besonders auffallend, wie die niederen Juraschichten auf der westlichen Seite des ganzen Zuges dem Schwarzwalde zugewandt hervortreten und die höheren Schichten eine steile, nach Westen abfallende Mauer bilden, die über den unteren Schichten aufsteigt und §. 572.

dann nach der Peripherie des Bogens hin mit sanftem Abfalle unter neueren Schichten einschiesst.

§. 573. Man hat hauptsächlich der Schichtenfarbe nach in dem deutschen Jura drei Gruppen unterschieden, die man mit dem Namen des schwarzen, des braunen und des weissen Jura benannt und im Allgemeinen dadurch charakterisirt hat, dass in dem unteren schwarzen Jura die Thone und Mergel, in dem mittleren die Sandsteine, in dem oberen die Kalksteine vorwiegen. Man hat an den von Leopold von Buch gesteckten Grenzen dieser drei Gruppen um so eigensinniger festgehalten, je weniger namentlich die Unterscheidung zwischen schwarzem und braunem Jura den in allen Ländern vorkommenden Schichtengruppen entspricht und je weniger man überhaupt braunen und schwarzen Jura der Farbe nach unterscheiden kann. Ebenso hat man statt der geographischen Namen für bestimmte Schichten, die wenigstens dann angeben, wo der Typus zu finden ist, überall die Benennung nach den vorwiegenden Petrefacten vorgezogen, was deshalb eine grosse Verwirrung verursacht, weil einerseits manche Leitmuscheln aus einer Schicht in die andere übergehen, andererseits diese Leitmuscheln zuweilen bei weiterer Erstreckung der Schicht verschwinden und durch andere ersetzt werden.

§. 574. Der schwarze Jura, welcher den Lias in seiner Gesammtheit begreift, unterscheidet sich wesentlich schon durch das äussere Ansehen seiner Gebilde. In Form flacher Hügel breitet er sich wie eine Decke oder ein Teppich am Fusse des Gebirges als ein zusammenhängender Saum aus und dringt noch über das nördliche Ende der höheren Juraschichten hinaus, indem er bei Baireuth sich wie ein Haken um dieselbe herumschlingt, so dass er dort auch auf der Ostseite erscheint. Die unterste Schicht des Lias wird von dunklen Kalkbänken und dunklen Thonen mit Dutenmergeln gebildet, die bei der Verwitterung sich in einen gelben lockeren und sehr zerklüfteten Sandstein verwandeln, der dem Keupersandstein ähnlich ist, sich aber namentlich durch eine Menge von *Cardinia concinna* und *Ammonites psilonotus* auszeichnet. Ueber diesem Concinnensandsteine liegen nun etwa 10 Meter mächtige harte graublaue Kalke, welche die *Gryphaea arcuata* in grosser Menge enthalten und an deren oberer Grenze eine gewöhnlich nur einen halben Fuss mächtige Mergelbank gebildet wird, die von Stielgliedern des *Pentacrinus basaltiformis* überfüllt ist. Ueber dieser Schicht liegen dunkel gefärbte, sehr bituminöse Schiefer, die nach oben in Schieferthon übergehen, welcher bei der Verwitterung in eckige Bruchstücke zerfällt, und in ihren obersten Schichten ganz hart und schwarz werden und mit braungelber Farbe verwittern. Man hat diese Thonlager von dem *Ammonites Turneri*, welcher am häufigsten darin vorkommt, die Turnerithone genannt und kann sie namentlich deshalb von den unteren Schichten leicht unterscheiden, weil alle Versteinerungen in ihnen mit Schwefelkies erfüllt sind.

Die beiden genannten Schichten, die man mit α und β bezeichnet hat, bilden den unteren schwarzen Jura, der dem *Sinémurien* entspricht.

Der mittlere schwarze Jura beginnt mit grauscheckigen Steinmergeln, die sich leicht schiefern und abblättern und zuweilen durch lichte Kalksteine ersetzt sind, welche so eigenthümlich zerbersten, dass sie wie künstliche Pflaster auf den Rasen und Feldern hervortreten. Auch hier sind die Muscheln gewöhnlich verkiest und *Terebratula numismalis* die hauptsächlichste Leitmuschel, weshalb man diese mit γ bezeichneten Mergel auch Numismalisthone genannt hat. §. 575.

Ueber ihnen liegen (δ) die Amaltheenthone, dunkelschwarze Thonletten, die eine Menge Knollen von Thoneisenstein und äusserst viel wohlerhaltene Belemniten enthalten, zwischen welchen fast nur *Ammonites amaltheus* zu finden ist.

Der obere schwarze Jura, welcher dem *Toarcien* entspricht, beginnt mit den Posidonienschiefern (ε), bituminöse Schiefer von schwarzgrauer Farbe, die in Säuren ziemlich stark brausen und oft durch das Bitumen so zusammengebacken sind, dass sie elastische Schiefer bilden, zwischen welchen hier und da Lager von Stinkkalken hervortreten. Zuweilen werden sie sogar als Brandschiefer benutzt, die an manchen Orten, wie namentlich bei Boll, eine Menge von Ichthyosauren und Fischen enthalten. Die Ichthyosauren sind so häufig, dass nach der Versicherung von Quenstedt keine Woche vergeht, worin nicht wenigstens ein Skelett zu Tage gefördert wird, von denen indessen viele durch völlige Durchdringung mit Schwefelkies untauglich sind. §. 576.

Ueber den Posidonienschiefern liegen die Jurensismergel (ζ), lichtgraue Kalkmergel, die oft nur einen Meter Mächtigkeit haben, zuweilen aber sich bedeutender entwickeln, und dann eine Menge von Belemniten enthalten, während sie, wenn die Schicht dünner bleibt, besonders den *Ammonites jurensis* in grosser Anzahl enthalten.

Ueber diesen Kalkmergeln folgt eine neue mächtige Thonschicht von schwarzscheckiger Farbe mit braunen Thoneisensteinknollen, die man nach dem *Ammonites opalinus*, welcher hier besonders mit wohlerhaltener Schale und Perlmutterglanz auftritt, die Opalinusthone genannt hat. Ausserdem ist *Trigonia navis*, welche sich in dieser Schicht namentlich auch im Elsass, äusserst häufig vorfindet, bezeichnende Leitmuschel. Bisher wurden von den deutschen Geologen diese Opalinusthone, obgleich sie ganz dasselbe Verhalten wie die übrigen Liasthone zeigen, deswegen zum braunen Jura gerechnet, weil sie gewöhnlich terrassenförmig sich über den mehr ausgebreiteten übrigen Liasgebilden erheben; eine orographische Abgrenzung, die nur mit ihrer besonderen Art der Verwitterung zusammenhängt und die auch nur in Schwaben, sonst aber nirgends in der Welt zu finden ist. Es gehören deshalb diese Opalinusthone, welche Quenstedt als die Schicht α des braunen Juras bezeichnet, ganz unzweifelhaft noch den Liasbildungen an.

§. 577. Der **braune Jura** beginnt mit quarzreichen weichen, an der Luft erhärtenden gelbbraunen Sandsteinen und Sandmergeln, die zuweilen Kalk aufnehmen, damit eine lichtere Farbe und grössere Härte erhalten und einen grossen Eisenreichthum besitzen, der theils in der Masse selbst vertheilt, theils aber auch als förmliches Pulver von Rotheisen in Lagern zwischen den übrigen Sandsteinen vorkommt.

Es enthalten diese **Eisenoolithe** (β) als Hauptleitmuschel den *Pecten personatus*, und nach oben gehen sie gewöhnlich in schwarze Letten über, die wieder mit dünnen Kalkbänken wechseln, welche dieselbe Muschel enthalten. Man hat hiermit den unteren braunen Jura abgeschlossen, der wesentlich dem Eisenoolith entspricht.

Der **mittlere braune Jura** beginnt mit harten **blauen Kalken**, die dem Gryphitenkalke sehr ähnlich sehen und überall als Bausteine und Strassenmaterial benutzt werden. Nach oben gehen diese plattenförmigen blauen Kalke (γ) in dunkle **Mergel** über, welche zuerst *Belemnites giganteus* enthalten, der von hier an durch den ganzen mittleren braunen Jura sich fortsetzt; dann folgen wieder thonige Kalke mit homogenem ebenem Bruch, die mit Lettenbänken abwechseln, an einzelnen Orten mergelig werden, hier und da Eisenkörner enthalten, die man jedoch selten ausbeuten kann, und der ganzen Reihe der Bathgruppe von England entsprechen. Sehr häufig sind auch diese Kalke, die mit δ bezeichnet wurden, durch Mergel- und Mergelthone ersetzt.

§. 578. Der **obere braune Jura** beginnt mit einer mächtigen Entwickelung fetter schwarzer Thone, unter welchen besonders verkieste Petrefacten sich auszeichnen und der *Ammonites Parkinsoni* oder *macrocephalus* als wesentliche Leitmuschel dienen kann. Diese **Parkinsonithone** (ε) entstehen durch Verwitterung dünngeschichteter schiefriger Letten, die nach oben in harte Kalke übergehen, welche oolithische Structur und rothbraune Farbe besitzen und stellenweise viel Eisen enthalten.

Den Beschluss des oberen braunen Jura bilden die sogenannten **Ornatenthone** (ζ), die meist nur eine geringe Mächtigkeit haben und eine Menge kleiner verkiester Versteinerungen enthalten, die oft auch von Bitumen durchdrungen sind und unter welchen sich eine Menge kleiner Krebse, die mit eingeschlagenem Schwanze kaum einen Zoll lang sind und *Ammonites ornatus* auszeichnen.

§. 579. Der **weisse Jura** ist die mächtigste Formation in Süddeutschland, die sich durch das Vorherrschen der Kalke und die damit verbundene weisse Farbe, sowie durch die vorwiegende Entwickelung der Korallen und Stachelhäuter beim Zurücksinken der Kopffüssler besonders auszeichnet. Seine Mächtigkeit beträgt oft mehr als 300 Meter und die oberen Schichten zeichnen sich noch ausserdem durch ihre merkwürdigen Dolomite aus, die namentlich in dem fränkischen Jura so ausgiebig entwickelt sind.

Der untere weisse Jura wird an seiner Basis von dünnen weissen Kalkbänken, graufarbigen wohlgeschichteten Kalkmergeln und rauchgrauen Thonkalken gebildet, die äusserst leicht verwittern und Bergrutsche bilden und als wesentlichste Leitmuschel die *Terebratula impressa* enthalten, weshalb man auch diese Schicht (α) als Impressakalke unterschieden hat. Hierauf folgen (β) mächtige wohlgeschichtete Kalkbänke von lichter Farbe, durchaus homogenem Korn, mattmuscheligem Bruche, die leicht in kleine Stücke zerspringen und hauptsächlich die steilen Stirnränder der schwäbischen Alp bilden. Sie enthalten im Ganzen nur wenig Fossilien.

Der mittlere weisse Jura besteht vorherrschend aus Oolithen, §. 580.
die in eckige Bruchstücke zerfallen, und ebenfalls an dem Stirnrande der Alp vorstehende Leisten und überhängende Felsmassen bilden. Diese Schicht enthält vorzugsweise in ihrem unteren Theile, wo sie mehr mergelig ist, die *Terebratula laciniosa*; nach oben hin dagegen entwickeln sich zahllose Mengen von Korallen und Schwämmen, wodurch das ganze Lager dem Knotenkalke des schweizerischen Jura ziemlich ähnlich wird. Ueber diesen Spongiten- oder Scyphienkalken (γ) folgt nun erst der obere weisse Jura (δ), welcher hauptsächlich jene Sternkorallen enthält, die den ganzen deutschen Jura mit einem einzigen weiten Korallenriffe vergleichen liessen, das sich längs der Ufer in einer gewissen Entfernung angebaut hatte. In diesem oberen Jura finden sich die pittoresken Felsenthäler der schwäbischen und fränkischen Alp. Die weissen, senkrecht abgerissenen Mauern, durch deren Verwitterung die einzelnen Korallen lose werden und haufenweise die Felder bedecken, gewähren in der That ein höchst eigenthümliches Ansehen. Im Allgemeinen unterscheidet man in diesen Korallenkalken keine wirkliche Schichtung mehr; die Kalke sind gewöhnlich körnig, kieselhaltig, im Umkreise der Korallen kreideähnlich und bilden plumpe Massen, die an vielen Orten in Dolomite übergehen. Statt der Korallen finden sich oft Muschelbänke, in denen hauptsächlich Austern und Astarten hervortreten, und wo dann der Kalk gewöhnlich ein feineres Korn besitzt.

Der fränkische Jura unterscheidet sich durch eine eigen- §. 581.
thümliche Umänderung dieser gewaltigen Korallenriffe der schwäbischen Alp, welche durchaus in Dolomit umgesetzt sind und so Massen von mehren hundert Fussen Mächtigkeit bilden, innerhalb welcher alle Fossilien gänzlich verschwunden oder höchstens nur noch als mit Bergmilch angefüllte Höhlen übrig geblieben sind. Das ganze Gebirge ist dort in mannigfaltiger Art zersprengt und zerklüftet, die unter dem Dolomit liegenden unveränderten Kalksteinschichten zerworfen und erschüttert und der Dolomit selbst auf die mannigfachste Art zerrissen, wodurch die vielen Höhlen entstanden sind, innerhalb welcher die bekannten grossen Massen von quaternären Knochen abgelagert sind, welche

der Gegend von Muggendorf, Gailenreuth und Streitberg ihre Berühmtheit verschafft haben. Die pittoresken Felsenlandschaften der fränkischen Schweiz beruhen einzig auf den durch die Verwitterung mannigfach veränderten Felsenformen des Dolomites.

§. 582. An einer beschränkten Stelle, die sicher in dem jurassischen Meere eine stille, wenig tiefe Bai darbot, deren schlammige Ufer nur allmälig sich unter die Wasserfläche senkten, in der Grafschaft Pappenheim, findet sich ein eigenthümliches Gebilde schiefriger Kalksteine, von äusserst feinem Korne, compacter Structur, ohne Spaththeile oder Adern, welche in der Nähe von Solenhofen und Kelheim in ungemeiner Menge als lithographische Schiefer ausgebeutet werden und seit Erfindung der Lithographie einen Hauptindustriezweig des Ländchens bilden. Diese Platten, die eine Art Schale über dem Korallenkalke bilden, liegen in der Graftschaft Pappenheim wagerecht und enthalten eine grosse Menge eigenthümlicher Fossilien, denen Erhaltung auf eine sehr grosse Ruhe in der Bildung nachweist, indem sogar Insecten und andere sehr zarte Körper sich versteinert finden. Die lithographischen Schiefer sind offenbar nur eine locale Bildung, die den oberen Schichten des Korallenkalkes angehört und gerade hier so ausgezeichnet sich darstellt, weil die in einer höchst ruhigen Meeresbai gebildeten Schichten sich später nicht durch Hebungen zersplittert und modificirt haben. Der Portlandkalk der Schweiz bietet an vielen Orten in seinen unteren Schichten dasselbe Korn, dieselbe feine, compacte Masse dar, wie die lithographischen Schiefer; es ist aber nicht möglich, ihn zur Lithographie zu benutzen, da die mannigfachsten Hebungen ihn so zersplittert haben, dass keine grösseren Platten gewonnen werden können.

Früher war die Lagerung dieser lithographischen Schiefer insofern zweifelhaft, als man sie bald den Schiefern von Stonesfield, bald den Schildkrötenkalken von Solothurn, die dem Portlandkalke angehören, parallelisirte; jetzt ist es durch Thiollière erwiesen, dass sie in der That nur eine partielle Modification, eine locale Facies des unteren Korallenkalkes darstellen. Thiollière entdeckte nämlich bei Cirin im Aisne-Departement unweit Lyon ein Lager lithographischer Schiefer, welches eine ähnliche Bucht darstellte, wie das Lager von Solenhofen, und durchaus dieselben Reptilien, Fische und übrigen Versteinerungen enthält. Der Lagerung nach gehören aber diese Schiefer von Cirin unzweifelhaft dem unteren Korallenkalke an.

§. 583. Als Leitmuscheln gelten im schwäbischen und fränkischen Jura besonders folgende Versteinerungen:

Lias. Schwarzer Jura.

Unter-Lias. α und β.

Ammonites psilonotus. Concinnenschicht.
Cardinia (*Thalassites*; *Unio*) *concinna.* Concinnenschicht.
Ammonites Bucklandi. Gryphäenkalk.
Nautilus aratus. Gryphäenkalk.
Spirifer Walcotti. „
Gryphaea arcuata. „
Lima gigantea. Gryphäenkalk.
Trochus anglicus. „
Pentacrinus basaltiformis. Gryphäenkalk.
Ammonites Turneri. Turnerithon.
„ *armatus.* „
„ *capricornus.* „
„ *oxynotus.* „

Mittel-Lias. γ und δ.

Ammonites natrix. Numismalismergel.
Ammonites capricornus. Numismalismergel.
Ammonites Valdani. Numismalismergel.
Ammonites ibex. Numismalismergel.
„ *Davoei.* „
Terebratula numismalis. „
„ *rimosa.* „
Spirifer verrucosus. „
Gryphaea cymbium. „
Plicatula spinosa. „
Nucula complanata. „
Nucula Palmae. Numismalismergel.
Trochus Schübleri. Numismalismergel.
Pentacrinus subangularis. Numismalismergel.
Ammonites amaltheus. Amaltheenthon.
Ammonites heterophyllus. Amaltheenthon.
Belemnites paxillosus. Amaltheenthon.
Terebratula tetraëdra. Amaltheenthon.

Ober-Lias. ε und ζ. Braun α.

Ichthyosaurus communis. Posidonienschiefer.
Teleosaurus Chapmanni. Posidonienschiefer.
Lepidotus gigas. Posidonienschiefer.
Tetragonolepis semicinctus. Posidonienschiefer.
Ptycholepis Bollensis. Posidonienschiefer.
Leptolepis. Posidonienschiefer.
Eryon Hartmanni. Posidonienschiefer.
Loligo Bollensis. Posidonienschiefer.
Aptychus. Posidonienschiefer.
Ammonites serpentinus. „
Belemnites acuarius. „
Posidonomya Bronnii. „
Inoceramus gryphoides. Posidonienschiefer.
Ammonites jurensis. Jurensismergel.

Ammonites radians.	Jurensismergel.	*Gervillia pernoides.*	Opalinusthon.
„ *hircinus.*	„	*Nucula Hammeri.*	„
Belemnites digitalis.	„	*Nucula claviformis.*	„
Ammonites opalinus.	Opalinusthon.	*Venus trigonellaris.*	„
Trigonia navis.	„		

Brauner Jura.

Unterer brauner Jura. β.

Hybodus crassus.	Eisenoolith.	*Pecten personatus.*	Eisenoolith.
Ammonites Murchisonae.	„	*Avicula elegans.*	„
„ *discus.*	„		

Mittlerer brauner Jura. γ und δ.

Thaumatosaurus oolithicus.
Ammonites coronatus.
„ *Humphresianus.*
Belemnites giganteus.
Pleurotomaria ornata.
Ostrea cristagalli.
„ *eduliformis.*
Pecten lens.
Perna mityloides.
Trigonia costata.
Terebratula resupinata.
„ *perovalis.*
„ *spinosa.*
Serpula convoluta.

Oberer brauner Jura. ε und ζ.

Ammonites Parkinsoni. Parkinsonithon.
Ammonites macrocephalus. Parkinsonithon.
Ammonites anceps. Parkinsonithon.
Terebratula varians. „
Discoidea depressa. Parkinsonithon.
Klytia Mandelslohi. Ornatenthon.
Ammonites ornatus. „
„ *Jason.* „
„ *Lamberti.* „

Weisser Jura.

Unterer weisser Jura. α und β.

Terebratula impressa.
Ammonites complanatus.
Dysaster carinatus.

Mittlerer weisser Jura. γ und δ.

Scyphia.
Spongites.
Tragos acetabulum etc.
Terebratula lacunosa.
Nucula cordiformis.
Trochus jurensis.
Ammonites alternans.
Aptychus problematicus.
Belemnites hastatus.

Oberer weisser Jura. ε und ζ.

Sternkorallen aller Art.
Apiocrinus rosaceus.
Solanocrinus costatus.
Hemicidaris crenularis.
Discoidea depressa.
Terebratula inconstans.
„ *insignis.*
Nerinea depressa.
„ *Mandelslohi.*
„ *Gosae.*

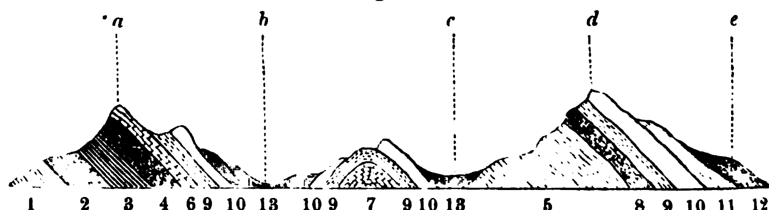
Jura in den Alpen.

Ein breites Band jurassischer Gebilde schlingt sich von den Südalpen in der Nähe des ligurischen Golfes her in Hakengestalt um den Ost- und Nordrand der Alpen herum und lässt sich bis in die Nähe von Wien, wenn auch hier und da mit Unterbrechungen verfolgen. In gleicher Weise ist der südliche Rand der Alpen von einer solchen Nebenzone jurassischer Gesteine umgeben, welche indess erst an dem langen See beginnt, um von da aus bis nach Kärnthen und Krain und an die Grenzen von Ungarn hin sich zu erstrecken. An vielen Orten gleichen somit die Alpen gewissermaassen einem ungeheuren jurassischen Gewölbe, welches in der Mitte zerborsten ist, um den krystallinischen Gebilden der Mittelzone einen Ausweg nach oben zu lassen. In dem ganzen Bereiche dieser Erstreckung zeigen sich indess die jurassischen Gebilde in vielfacher Beziehung modificirt und verändert, so dass bei dem grossen Mangel der Versteinerungen das genauere Studium derselben ausserordentlich erschwert ist. Die Schichten sind in der mannigfaltigsten Weise über und durch einander geworfen; die mergeligen Lager, welche man sonst unterscheidet, in Schiefer umgewandelt und die kalkigen Massen dergestalt entwickelt, dass die verschiedenen Abtheilungen fast ohne petrographischen Unterschied in einander übergehen. Es ist daher unmöglich, an den meisten Orten in den Alpen diejenigen Unterschiede festzuhalten, welche wir bisher theils nach dem Wechsel der mineralogischen Beschaffenheit, theils nach dem Inhalt von Versteinerungen in den einzelnen Ländern verfolgen konnten; und in vielen Fällen ist es nur möglich, zu sagen, dass man sich den jurassischen Kalken gegenüber befindet, ohne dass man genauer den Parallelismus derselben mit anderen Untersuchungen der jurassischen Gebilde nachweisen könnte. Am deutlichsten treten noch in den Alpen einerseits der Lias, andererseits der höhere Korallenkalk hervor und namentlich lässt sich der erstere häufig durch seine schwarze Farbe und schiefrige Beschaffenheit, sowie durch die Belemniten unterscheiden, welche in dem Gesteine eingebacken sind. Die Schwierigkeiten werden noch dadurch erhöht, dass die Versteinerungen, wenn überhaupt welche vorkommen, gewöhnlich so schlecht erhalten sind, dass eine specifische §. 584.

Bestimmung derselben nicht möglich ist und man nur im Allgemeinen die Gattung oder Familie angeben kann, zu welcher sie gehören.

§. 585. Der Uebergang der eigentlichen jurassischen Gebilde zu dem alpinischen Jura findet sich namentlich östlich von dem Laufe der Rhone von Genf bis gegen Lyon hin. Der Salève bei Genf, sowie die Gebirge in der Nähe des Lac de Bourget zeigen noch ganz jene eigenthümliche Form der jurassischen Halbdome, die, auf einer Seite zerrissen, dort steile Mauern zeigen, während die Abhänge der anderen Seite durch die abfallenden Schichten selbst gebildet sind und allmälig unter die höheren Kreidelagen einschiessen. Der beifolgende Durchschnitt, Fig. 286, der jurassischen Alpengebilde zwischen Mont du Chat und Dent

Fig. 286.



Durchschnitt der jurassischen Alpengebilde zwischen Mont du Chat und Dent de Nivolet in Savoyen.

a Mont du Chat. *b* See von Bourget. *c* Aix. *d* Dent de Nivolet. *e* Les Déserts. 1 Unterer Jura. 2 Eisenoolith. 3 Oxfordmergel. 4 Spongitenkalk. 5 Oxfordmergel. 6 Kalk mit Chailles. 7 Dolomit. 8 Astartenkalk. 9 Néocomien. 10 Rudistenkalk. 11 Nummulitenkalk. 12 Fucoidensandstein. 13 Molasse.

de Nivolet in Savoyen giebt ein deutliches Bild von der Aufeinanderlagerung der einzelnen jurassischen Schichten in dieser Gegend, die noch ganz den Charakter des eigentlichen Jura trägt. Die tiefsten Gebilde sind in diesem Durchschnitte nicht aufgeschlossen; sie bestehen in den ganzen Westalpen und weiter hin aus dem unteren Lias, der in Form grauer Kalklager und schwarzer Schiefer erscheint und deutlich durch die *Gryphaea cymbium* charakterisirt ist. Diese Liasbildung ruht unmittelbar auf jener Zone schwarzer Anthracitschiefer, deren wir früher Erwähnung thaten und welche die Steinkohlen der Alpen einschliessen. Auf dem Lias ruht zuerst ein eisenhaltiger oolithischer Kalk, welcher ohne Zweifel dem Eisenoolith entspricht, indessen keine deutliche Petrefacten enthält; dann kommen leicht zerstörbare Mergelschiefer, die mit festerem, rauchgrauem, dichtem Kalksteine abwechseln und durch ihre Petrefacten, unter denen sich namentlich *Terebratula numismalis* und *diphya* auszeichnen, als oberen Oxfordmergel erkennen lassen. Die Kalksteine enthalten besonders Schwammkorallen und auf sie folgt ein mehrfacher Wechsel grauer Mergel und fester Kalksteine, der besonders an der Dent de Nivolet stark entwickelt ist und

als oberer Oxfordkalk bezeichnet werden kann. Ueber diesem Kalke liegen andere Kalke mit Knollen, die wohl den unteren Lagern des oberen Oolithes entsprechen und die hier und da von Dolomit oder auch von Astartenkalk gefolgt sind, der demjenigen im Jura nicht unähnlich ist. Ueber diesem letzteren Kalke folgt dann unmittelbar die alpinische Kreidebildung, welche überall den jurassischen Alpengebilden aufliegt und manchmal so mit ihnen verschmilzt, dass eine Trennung kaum möglich ist.

Schon an dem Halbdome des Salève bei Genf lässt sich diese §. 586.
Ueberlagerung auf das Deutlichste beobachten, indem nur an dem steilen Stirnrande dieses Walles als unterste Schichte der Korallenkalk, und auf diesem lagernd der Portlandkalk zu Tage treten, während sonst die ganze Höhe des Kammes und sein den Alpen zugewendeter Abfall von den unteren Kreideschichten gebildet wird.

Verfolgt man nun von Savoyen aus die jurassischen Gebilde längs der Schweizeralpen, so findet man, dass sie zwischen dem Hochgebirge und der Molasse ein breites Gebirgland bilden, wo in dem ganzen Raum zwischen der Arve und der Aar die äusseren Ketten vorherrschend aus Oolith und Korallenkalk bestehen, die indessen nur äusserst wenige Petrefacten enthalten.

Auf der trefflichen geologischen Karte der Schweiz von A. Escher von der Linth und B. Studer kann man von Chambéry aus in nordöstlicher Richtung einem fast ununterbrochenen Streifen jurassischer Gesteine folgen, der den Nordrand des Isère-Thales zwischen Montmélian und Conflans, dann den Südabhang der Aravis bis Sallenches und von dort bis an die Rhone die Kette des Buet und der Dent du Midi bildet. Das Nordufer des Wallis wird bis gegen Brieg hin nur von diesen jurassischen Gesteinen gebildet, welche von dem Moeuveran an alle Hochgipfel der östlichen Berner-Alpen (Wild-Strubel, Blümlis-Alp, Gemmi) zusammensetzen, am Fusse der Jungfrau, des Schreck- und Wetterhorns sich hinziehen und mit dem Lauterbrunnenthale, das ganz in sie eingeschnitten ist, den Brienzersee erreichen, wo sie die Basis der Faulhornkette bilden. Die Ketten des Titlis und des Uri-Rothstockes, die den Raum zwischen dem unteren Haslithale und dem Reussthale erfüllen, sind ebenfalls von diesen jurassischen Gesteinen zusammengesetzt, welche weiter nach Osten hin um den zwischen Linth, Wallensee und Rhein gelegenen triasischen Kern einen Mantel bilden, aus dem Tödi, Glärnisch und Calanda aufsteigen und endlich im Falknis über Mayenfeld auf dem östlichen Rheinufer verschwinden.

Mit dieser Zone, die überall fast unmittelbar an den krystallinischen Kern der Alpen anstösst, hängt in dem unteren Wallis von Bex bis zum Genfersee hin eine zweite nördliche Nebenzone zusammen, die

am Môle bei Bonneville an der Arve beginnt, die Gebirgsstöcke der Dent d'Oche auf dem südlichen, der Dent de Jaman, der Tour de Mayen auf dem nördlichen Ufer des Genfersees bildet und von Vevay an durch die Freiburger Alpen und die Stockhornkette sich bis an das Ufer des Thunersees verfolgen lässt. Durch Ueberlagerung von Kreidegebilden in Savoyen, von Flyschgesteinen, welche die Niesenkette zusammensetzen, im Bernischen, ist diese Zone von der anderen inneren Zone getrennt. Fortgesetzte Untersuchungen, oft durch grossartige Sprengarbeiten unterstützt, haben besonders in diesem Theile der Kette, in der Umgegend von Vevay sowohl wie in der Stockhornkette zahlreiche, oft wohlerhaltene Petrefacten finden und so die einzelnen Stockwerke erkennen lassen. Als besonders wichtige Thatsache tritt aber hier die Verschmelzung mancher, sonst unterschiedener Stockwerke entgegen, so zwar, dass man zuweilen in demselben Handstücke Versteinerungen verschiedener Stockwerke zusammen findet. Hauptmasse ist stets das Oxford-Stockwerk, nur höchst selten als Mergel, meist als mächtige Massen blaugrauen Kalkes entwickelt. Der Lias ist nur in einzelnen Flecken, bei Meillerie, bei Bex, wo er bedeutende Salzlager einschliesst, in der Nähe von Blumenstein in der Stockhornkette, an der Wimmisbrücke und an der Nase am Thunersee nachgewiesen — seine drei Stockwerke konnten noch nicht geschieden werden.

Die Stockwerke des Bajocien und Callovien konnten ebenfalls mit grösster Sicherheit aus zahlreichen Versteinerungen bei Blumenstein nachgewiesen werden, sowie in der inneren Zone an der Jungfrau, der Windgelle, dem Glärnisch und dem Calanda. Der Oxfordkalk setzt besonders die Ketten der Verreaux, des Moléson, der Dent de Jaman, sowie den eigentlichen Hochgebirgskalk der inneren Kette zusammen, während die Kimmeridgemergel in Form von Kalken an der Brücke der Tine und derjenigen der Simme bei Wimmis, der Portlandkalk an vielen Stellen des Simmen- und Saanen-Thales durch zahlreiche Versteinerungen nachgewiesen sind. Es lässt sich demnach nicht bezweifeln, dass fortgesetzte Bemühungen auch hier noch Mittel an die Hand geben werden, die einzelnen Stockwerke genau zu scheiden und ihre Grenzen auf den Karten zu verzeichnen.

In der südlichen Nebenzone jurassischer Gebilde, welche sich um die Alpen herumschlingt, und weiterhin im ganzen Süden von Europa, wo jurassische Gesteine auftreten, wie an den Pyrenäen, in Mittel- und Süd-Italien, in der Krimm, stehen vorzugsweise die jüngeren Schichten zu Tage, welche durch *Ammonites tatricus*, *Terebratula diphya* und *resupinata* besonders charakterisirt sind. Es würde zu weit führen, wollten wir auf diese Schichten, sowie auf die jurassischen Gebilde in anderen Ländern, wie z. B. in Russland, Amerika u. s. w., näher eingehen.

Die **Flora** der jurassischen Gebilde ist besonders in den unteren und mittleren Liasschichten, in der Bathgruppe und in den Schiefern von Solenhofen, sowie in den oberen Portlandschichten sehr ausreichend entwickelt und zeigt eine grosse Annäherung zu der Flora des Keupers, während sie von derjenigen der nachfolgenden Kreide sehr verschieden ist. Obgleich noch Farrenkräuter in der Landflora in bedeutender Anzahl vorkommen, so zeigen doch die nacktsamigen Pflanzen (Gymnospermen), die Cycadeen und Coniferen ein entschiedenes Uebergewicht über dieselben, während die eigentlichen Dikotyledonen noch durchaus fehlen und unter den Monokotyledonen namentlich die gras- und rohrartigen Pflanzen bedeutend entwickelt sind. §. 587.

Ausser den Landpflanzen findet man namentlich in den Kalkschiefern von Stonesfield, Cirin und Solenhofen, welche unter gleichen physikalischen Verhältnissen in stillen Meeresbuchten sich absetzten, zahlreiche Arten von Algen vor, welche beweisen, dass in der Jurazeit die Meeresufer unter der Wasserfläche von einer üppigen Vegetation bedeckt waren. An einigen Orten kommt selbst eine Mengung von Algen mit Landpflanzen vor, die darauf hinweist, dass an diesen Localitäten Einmündungen von Strömen existirten, welche Landpflanzen als Treibholz mit sich fortschwemmten. Wir heben folgende Faunen besonders hervor:

Die Gruppe der **Florideen** unter den **Meeresalgen** zeichnet sich durch ein lederartiges flaches oder fadenförmiges, gliederloses Laub aus, an dessen Enden gewöhnlich kapselförmige, bald zerstreute, bald aufgehäufte Sporenbehälter sitzen, die zuweilen auch über die ganze Oberfläche des Laubes vertheilt sind. Dies ist der Fall bei der Gattung *Baliostichus*, Fig. 287, die ein röhrenförmiges, lederartiges Laub besass, das durch erhabene, sich spiralig kreuzende Linien in kleine Rautenfelder abgetheilt ist, in deren Mitte die Sporenbehälter eingesenkt sind. §. 588.

Fig. 287.



Baliostichus ornatus.
Aus den lithographischen Schiefern von Pappenheim.

Unter den **Farrenkräutern** giebt es viele Arten, welche zu Gattungen gehören, die schon in der Kohlenzeit vorkommen. Dahin gehört namentlich eine Art von *Odontopteris*, Fig. 288, a. f. S., welche in dem unteren Lias von Metz häufig vorkommt; sowie eine Art §. 589.

Pecopteris, Fig. 289, aus dem *Forest-marble* von Mamers, deren Fiederblätter eine ganz eigenthümliche Form besitzen.

Fig. 288.



Odontopteris cycadea.
Aus dem unteren Lias.

Fig. 289.



Pecopteris Desnoyersi.
Aus dem Bathonien.

Fig. 290.



Ebenso kommt die Gattung *Pachypteris*, Fig. 290, die einfache oder doppeltgefiederte Blätter und dicke, lederartige, meist lanzettförmige Blättchen hat, welche nur eine schmale Mittelrippe besitzen, und deren Basis am Blattstiele hinab-



Pachypteris lanceolata.
Aus dem Bathonien.

läuft, schon in den Steinkohlen und dem permischen Systeme vor, während die hier abgebildete Art in dem Oolith Englands ziemlich häufig vorkommt.

Fig. 291.

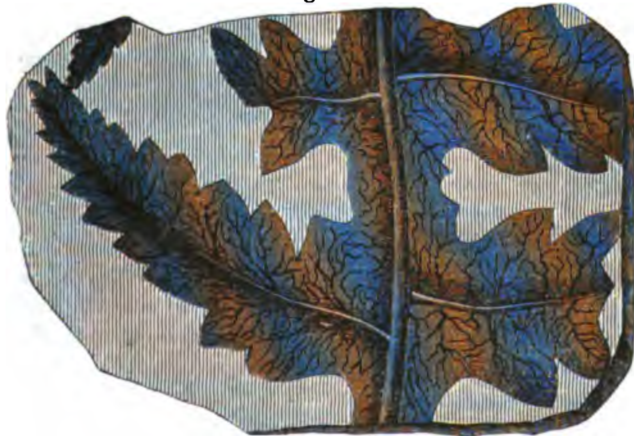


Coniopteris Murreyana.
Aus dem Bathonien. Darunter ein einzelnes Fiederblatt mit entwickelten Samenkapseln.

Die Gattung *Coniopteris*, Fig. 291, bildet vielleicht nur eine Gruppe in der Gattung *Pecopteris*. Die Fiederblättchen sind von dem gemeinsamen Stiele abgesetzt, aber zugleich gelappt und gezähnelt, wodurch die Blätter denen der Gattung *Sphenopteris* ähnlich werden.

Eine eigenthümliche Gruppe bildet die Gattung *Phlebopteris*, Fig. 292, die fiederhaltige Blattwedel besitzt, deren etwas wechselständige Fiederblätter lang und grob gezähnt sind und an der Basis so zusammenhängen, dass sie zu beiden Seiten einen Saum an dem Blattstiele bilden. Der Mittelnerv dieser Fiederblätter ist sehr stark und deutlich, und von ihm gehen netzartige Seitennerven aus,

Fig. 292.



Phlebopteris Phillipsii.

welche sich vielfach verzweigen und dem Blatte eine solche Zeichnung geben, dass man noch zweifelhaft ist, ob man es mit Farren oder Dikotyledonen zu thun hat. Die hier abgebildete Art kommt in dem grossen Oolith in England und in Oesterreich vor, während eine andere Art derselben Gattung sich in dem Liassandsteine findet.

§. 590. Die niedrigen knolligen Stämme der Cycadeen, welche in dem Jura so häufig sind, und von denen man ausserdem noch viele Blätter besitzt, müssen den Jurawäldern einen ganz eigenthümlichen Charakter gegeben haben. Schon bei der Trias bemerkten wir, dass die Stämme der Cycadeen sich durch den inneren, strahlig gestreiften Holzring, die rautenförmig queren Blattansätze, in welchen hier und da Spuren frischer Blattknospen sitzen, und den Busch langer, gefiederter Blätter auszeichnen, welche oben auf dem knolligen Stamme in einem Wedel zusammenstehen. In der Jetztwelt findet man hauptsächlich nur auf trockenen Hochebenen der südlichen Zone, wie z. B. in Mexico, Cycadeenwälder, die mit denen der Jurazeit einige Aehnlichkeit gehabt haben mögen. Wir geben hier die Abbildung eines Blattes aus den Schiefern von Stonesfield, das man jetzt der Gattung *Pterophyllum*, Fig. 293, anreiht, die ganzrandige spitze Fiederblättchen besitzt, welche sehr feine, gleiche, parallele Blattnerven haben und mit ihrer ganzen Basis an der Mittelrippe des Blattes aufsitzen, ohne an derselben hinabzulaufen. Der hier abgebildete Stamm von *Mantellia*, Fig. 294, zeichnet sich

Fig. 293.



Pterophyllum Preslanum.

Fig. 294.



Mantellia (*Cycadoidea*) *megalophylla.*
Von der Insel Portland.

besonders durch seine fast kugelige Form und die sehr breiten niedrigen, vertieften Blattnarben, sowie durch den einfachen Holzring aus, der nahe am äusseren Rande sich hinzieht. Die Stämme dieser Art finden sich in grosser Anzahl in einer oberen Schicht des Portlandkalkes, die man ihrer kohligen Structur wegen das Schlammlager (*Dirtbed*) genannt hat.

Einem völlig zweifelhaften Geschlechte fossiler Pflanzen, das man bald den Cycadeen, bald den baumartigen Euphorbien zugerechnet hat, gehört die Gattung *Mamillaria*, Fig. 295, an, die Stengel von ein bis drei Centimeter Dicke hat, welche regelmässige sechsseitige abgestumpfte Höcker mit einer concaven Narbe auf der Spitze zeigen, die in spiralen Linien an einander gereiht sind.

Fig. 295.



Mamillaria Desnoyersi.
Aus d. Kalke v. Mamers.

Ausser den Cycadeen hat man noch viele Coniferen, und zwar namentlich aus den Familien der Tannen und der Cypressen gefunden, unter welchen Zapfen, die denen unserer gewöhnlichen Tannen sehr ähnlich sehen, Blüthenzweige und Holzstücke, die man besonders durch ihre mikroskopische Structur unterscheiden kann.

Eine wesentliche Rolle spielen unter den jurassischen Versteine- §. 591.
rungen die Schwämme, welche besonders in einigen Schichten, wie namentlich in dem Spongitenkalke der schwäbischen Alp, den grössten Theil der Versteinerungen ausmachen. Es bestehen diese Gebilde bekanntlich meist aus einem Netzwerke festerer Nadeln oder Fasern, die hornig, kieselig oder kalkig sind und die Grundlage, das Skelett für einen organischen Ueberzug bieten, der vielfache Röhren und Zellen zeigt, die oft mit flimmernden Haaren ausgekleidet sind. Es pflanzen sich diese Gebilde, welche gewiss den Vegetabilien angehören, aber doch durch ihre grossen flimmernden Keimkörner einige Annäherung zu den Thieren zeigen, durch frei bewegliche schnellschwimmende Körper fort, die aus den Zwischenräumen des Gewebes austreten und früher als Embryonen angesehen wurden.

Die Gattung *Lymnorea*, Fig. 296, besteht aus einzelnen schwammigen Individuen, deren jedes auf der Spitze eine unregelmässige Hauptöffnung hat. Diese Individuen sitzen gruppenweise auf einem gemeinsamen Stiel, der ebenso wie die Basis der Individuen von dicken Kalkschichten umgeben ist.

Die Gattung *Scyphia*, Fig. 297, von welcher wir hier eine Art

Fig. 296.



Lymnorea Michelini.
Aus dem Bath-Oolith.

Fig. 297.





Scyphia (Cribrospongia) reticulata.
Aus dem Oxfordkalke. Daneben einige Fasern vergrössert.

abbilden, zeigt etwa die Form eines Bechers, indem sie einen aufgewachsenen hohlen, am oberen Ende breitkegelförmig offenen Stock besitzt, welcher aus einem Gewebe netzförmig durchwachsener Fasern besteht, deren vergrösserte Ansicht wir beifügen.

Fig. 298.

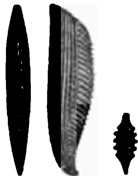


Tragos acetabulum.

Der Gattung *Scyphia* sehr nahe steht die Gattung *Tragos*, Fig. 298, welche dieselbe Becherform zeigt, aber sich dadurch unterscheidet, dass die im frischen Zustande unstreitig gallertartigen Fasern mit einander verschmolzen sind und so eine gleichförmigere Grundlage für das durchlöcherte Gewebe bilden.

§. 592. Die Classe der Wurzelfüsser beginnt eigentlich erst in der jurassischen Epoche, indem wir bisher nur eine einzige Gattung in den paläozoischen Gebilden finden konnten, welche freilich für den Kohlenkalk charakteristisch ist. In dem Lias dagegen kommen mehre Gattungen vor, die sich von da an durch die verschiedenen Epochen der jurassischen Zeit, wenn auch gerade nicht häufig, fortsetzen. Die Gattung *Marginulina*, Fig. 299, gehört zu der Familie der Stichostegier, bei welcher die Kammern auf einer einzigen Axe aufgereiht sind. Die Schälchen der Gattung sind länglich zusammengedrückt, hinten hakenförmig umgebogen und an der letzten Kammer ist eine Oeffnung angebracht.

Fig. 299.



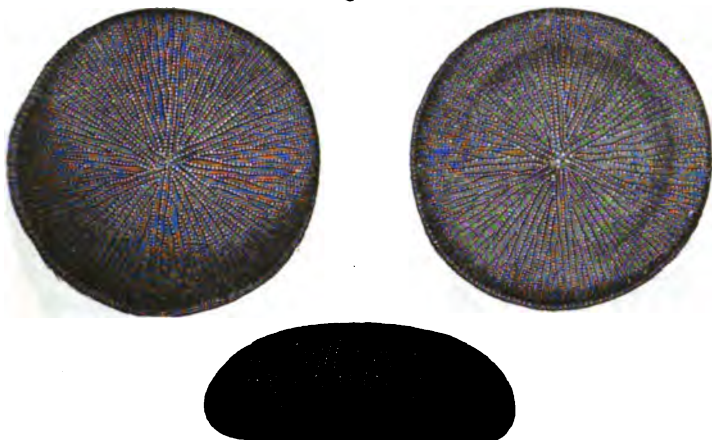
Marginulina harpula. Aus dem unteren Lias. Von d. Rücken, d. Seite und von oben.

§. 593. Die Korallenpolypen erscheinen von äusserster Wichtigkeit für den Jura, da sie, mit den Schwämmen vereint, ganze Schichten und namentlich Korallenbänke zusammensetzen, die wahre Sammelplätze für alle Arten von Fossilien sind. Auch erscheinen schon die meisten Familien dieser so äusserst zahlreichen Classe des Thierreiches in dem Jura vertreten, und die neueren Untersuchungen haben gelehrt, dass die meisten Arten auf specielle Stockwerke beschränkt sind.

Die Familie der Schwammkorallen (*Fungida*) hat grosse, freie, einfache Korallenstöcke von rundlicher oder ovaler Gestalt mit breiter, blattähnlicher Basis und vielfachen Strahlenwänden, die gewöhnlich von einer mittleren Spalte ausgehen. Die Gattung *Anabacia*, Fig. 300, welche zu dieser Familie gehört, bildet kreisrunde, niedrige, oben gewölbte, unten platte Polypenstöcke mit feinen, knotigen, dichotom getheilten Strahlenwänden, die auf beiden Seiten fast gleich sind. Sie kommt nur im unteren und mittleren Jura vor.

Die Madreporiden bilden meist ästig verzweigte Korallenbäume von schwammiger Netzsubstanz, in welcher überall sich Stern-

Fig. 300.



Anabacia orbulites. Von oben, unten und von der Seite.

zellen zeigen, deren Strahlen wohl ausgebildet und von blätterigem Baue sind. In den Zellen finden sich keine Querscheidewände. Man hat von ihnen die Poriten abgezweigt, bei welchen der Polypenstock durchaus schwammig und die Zellenstrahlen nicht blätterig, sondern unvollständig sind und aus knotigen Netzbalken bestehen. Die auf den Korallenkalk beschränkte Gattung *Dendracaea*, Fig. 301, ist ästig verzweigt und zeigt sehr seichte, eckige Zellen mit knotigen Strahlen, die sich kaum von dem schwammigen Gewebe der Masse unterscheiden lassen.

Fig. 301.





Dendracaea ramosa.
Daneben einige Zellen vergrössert.

Die Sonnenkorallen (*Astreida*) bilden meist grosse, feste, massige Korallenstöcke oder Blöcke mit eckigen Sternzellen, die wohl von einander geschieden bleiben und durch solide Substanz von einander getrennt sind. Die Strahlen dieser Zellen sind stark, mehrfach, oben gezähnelt und mit einer inneren, schwammigen Säule versehen. Die Gattung *Prionastrea*, Fig. 302 a. f. S., bildet unförmliche Korallen-

stöcke, deren Mauern oben durchaus solide verwachsen, unten aber meist von einander getrennt sind. Die Zellenstrahlen und Scheidewände sind besonders gegen die Mitte der Zelle hin stark gezähnt.

Bei den Eusmiliden sind die Polypen stets als Individuen unterscheidbar, meist sogar frei, so dass jeder Korallenstock nur von einem einzigen Individuum gebildet wird. Die Zellen sind gross, meist rund, die Scheidewände zahlreich, ganzrandig, schneidend, ungezähnt; oft findet sich eine compacte oder griffelförmige Säule in der Mitte. Die Montlivaltien, Fig. 303, haben freie Korallenstöcke mit rundem Kelch ohne Säule, zahlreiche ganzrandige Sternscheidewände — ihr unterer Theil ist von einem dicken Kalkblatte eingehüllt. Sie kommen von der Trias bis zur Kreide vor.

Fig. 302.





Prionastrea oblonga.
Daneben einige Zellen vergrössert.

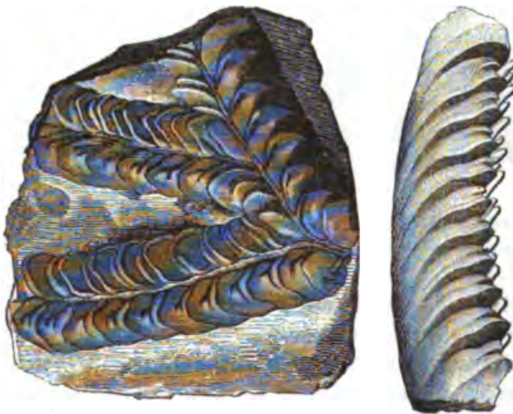
Fig. 303.



Montlivaltia caryophyllata.
Aus dem Bath-Oolith.

Die zusammenfliessenden Eusmiliden unterscheiden sich von den vorigen dadurch, dass die Zellen reihenweise sich vereinigen und eine mäandrische Anordnung zeigen. Die Gattung *Phytogyra*, Fig. 304, die einzig auf den Korallenkalk beschränkt ist, zeigt grosse abwechselnde Scheidewände, blattreiche Mittelsäulen und gestreckte Zel-

Fig. 304.

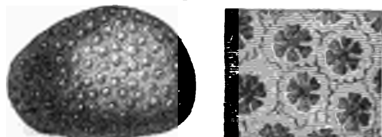


Phytogyra magnifica. Im Ganzen u. ein Ast von der Seite.

len auf einem baumförmigen Korallenstocke, der sich in dichotome, horizontal liegende freie Aeste theilt.

Bei den agglomerirten Eusmeliden vereinigen sich die Individuen zwar nach allen Seiten hin, um massige Korallenstöcke zu bilden, bleiben aber doch wohl umgrenzt und bilden keine Reihen. Bei der Gattung *Cryptocaenia*, Fig. 305, sind die Korallenstöcke rundlich, kugelig, die Zellen rund, mit sechs einfachen Strahlen und ohne Mittelsäule.

Fig. 305.



Cryptocaenia baociformis.
Daneben einige Zellen vergrössert.

Die gestielten Echinodermen oder die Seelilien bilden einen wesentlichen Theil der jurassischen Versteinerungen und tragen, obgleich ihre Formen nicht so mannigfaltig sind, als namentlich in den Uebergangsgebilden, dennoch wesentlich zur Physiognomie mancher jurassischer Schichten bei. Einige Arten derselben bildeten förmliche Wälder, wenn man sich so ausdrücken darf, an dem Fusse der Korallenriffe der jurassischen Oceane, und die Säulenglieder einiger Arten sind so häufig, dass sie hier und da für sich allein ganze Schichten zusammensetzen. Zwei Familien sind besonders wichtig in den jurassischen Gebilden. §. 594.

Die Familie der Apiocriniden hat eine drehrunde Säule, welche aus einer dicken, verzweigten Wurzel aufschiesst, die meistens grosse Knollen bildet, welche in Kalkspath verwandelt sind. Die einzelnen Glieder der Säule sind drehrunde Scheiben, meist ziemlich dick, mit rundem Nahrungscanal und strahlig fein gerippter Gelenkfläche; Hülfsarme fehlen stets gänzlich; nach oben hin erweitert sich die Säule allmälig, um den Kelch zu bilden, der einen nur sehr geringen inneren Raum einnimmt und sonst aus dicken, niederen, fest in einander gefügten Stücken besteht; auf dem Kelche stehen fünf bis zehn Arme, welche sich höchstens zweimal in Zweige theilen, auf der inneren Seite eine Rinne haben und hier mit gegliederten Tentakeln besetzt sind. Der auszeichnende Charakter dieser Familie besteht namentlich in dem allmäligen Uebergange der Säulenglieder, die sich nach und nach erweitern, in den Kelch. Die Gattung *Apiocrinus*, von welcher wir hier eine Figur in sehr verjüngtem Maassstabe geben, Fig. 306 — 308 a. f S., zeichnet sich besonders durch diesen Charakter aus, der auch namentlich in der hier abgebildeten Art in ausgezeichneter Weise hervortritt. Die Apiocri-

nen sind gewissermaassen die Fortsetzung des massiven Typus, welcher in den Encrinen des Muschelkalkes zum Vorschein kommt.

Fig. 306.



Fig. 307.



Kelch von *Apiocrinus elegans*. Aus dem Bath-Oolith.

Die Gattung *Millericrinus* unterscheidet sich von den Apiocrinen besonders durch die Bildung des Körpers, indem nur ein verdicktes Säulenglied den Kelch trägt, der aus fünf Beckengliedern und fünf dazwischen gestellten Armträgern besteht. Wir geben hier die Abbildung eines Kelches von der Seite und von oben, Fig. 309 und Fig. 310, bei welchem man das geringe Volumen der Eingeweide-Höhle

Fig. 308.



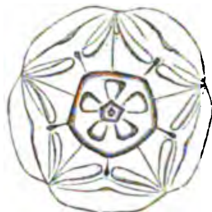
Derselbe von oben.

Fig. 309.



Kelch von *Millericrinus Nodotianus*. Aus der Oxfordgruppe.

Fig. 310.



Derselbe von oben.

im Verhältniss zu den hier einfassenden Stücken deutlich beobachten kann.

§. 595. Die Familie der **Pentacrinen**, welche einen noch lebenden Repräsentanten in den Meeren der Südsee besitzt, hat eine fünfkantige Säule, welche überall fast gleiche Dicke hat, und deren Glieder gewöhnlich mit Wirteln von Hülfsarmen besetzt sind. Der Nahrungscanal der Glieder ist gewöhnlich fünfeckig und die Gelenkflächen mit einem schön gezeichneten, fünfblätterigen Sterne versehen, der die Glieder sehr leicht kenntlich macht. Der Kelch ist äusserst klein und einfach, aus niederen Stücken zusammengesetzt, die eine weite Eingeweidehöhle zwischen sich lassen, die von oben durch eine lederartige Ausbrei-



Apiocrinus Royssianus. Stark verkleinert, um die Gestalt im Ganzen zu zeigen. Aus dem Korallenkalke.

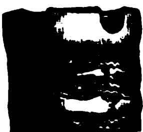
tung bedeckt war. Die Arme sind gross, lang, vieltheilig, mit langen, gegliederten Tentakeln besetzt und bilden eine grosse buschige Krone, die wie aus einzelnen Blättern zusammengesetzt erscheint. Die hier abgebildete Art, Fig. 311 — 313, kommt besonders häufig im mittleren

Fig. 311.



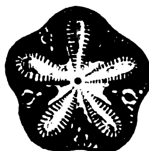
Pentacrinus fasciculosus. Aus dem mittleren Lias von Boll.

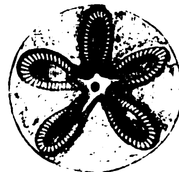
Fig. 312.



Ein Stück d. Säule v. d. Seite.

Fig. 313.





Zwei Säulenglieder von der Gelenkfläche.

Lias vor und ihre Exemplare bilden eine Zierde der Schiefer von Boll und anderen Localitäten desselben jurassischen Stockwerks.

§. 596. Die **Haarsterne** (Comatulen) unterscheiden sich nur dadurch von den Seelilien, dass ihnen der Stiel gänzlich fehlt, während sie sonst in derselben Weise aus einem kelchförmigen Körper gebildet sind, an welchem im Umkreise die verzweigten Arme stehen, die gewöhnlich mit Tentakeln besetzt sind. In ihrer Jugend sind diese Thiere als Larven wirklich durch eine Säule am Boden befestigt, von dem sie sich erst später losmachen, so dass sie also einen vollkommneren Entwickelungsgrad der Seelilien darstellen, welcher in der That auch erst mit dem mittleren Jura aufzutreten beginnt.

Bei der Gattung *Comaster*, Fig. 314, zeigt sich ein Rudiment einer Säule in Gestalt eines hohen und dicken fünfkantigen Knopfes

Fig. 314.




Kelch von *Comaster* (*Comatula*) *costatus*.
Aus der Oxfordgruppe. Von der Seite und von oben.

der von einem fünfkantigen Canale durchbohrt ist und dicke Hülfsarme trägt, deren eingesenkte Gelenkflächen dem Knopfe ein geripptes Ansehen geben. Auf dem Knopfe sitzt der eigentliche Kelch, der aus fünf dreieckigen Gliedern besteht, welche zehn stark verästelte Arme tragen.

Fig. 315.

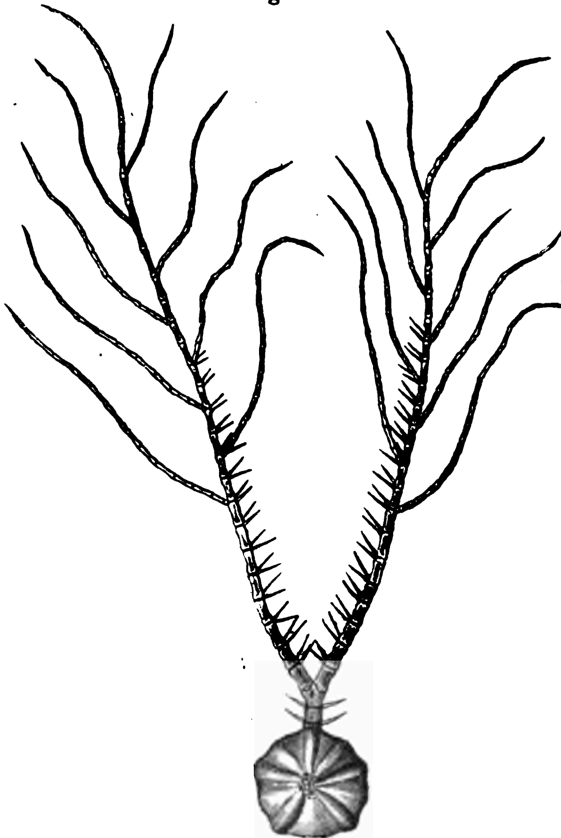


Saccocoma pectinata.
Aus der Oxfordgruppe. Mit eingezogenen Armen.

Die Gattung *Saccocoma*, Fig. 315, entspricht dagegen ganz dem Typus der gewöhnlichen, jetzt lebenden Haarsterne, indem der knopflose Körper einen zehnrippigen Beutel darstellt, an dessen Rand fünf schlanke Arme stehen, welche sich bald wieder theilen und nach ihrem Ende hin lange gegliederte Fiederäste tragen; Mund und After

befinden sich wie bei allen Haarsternen auf der oberen Fläche des Beutels zwischen den Armen.

Fig. 316.



Saccocoma pectinata. Die Scheibe mit einem entfalteten Arme.

Fig. 317.



Asterias lumbricalis. Aus d. mittl. Lias.

Eine im Lias oft vorkommende Seesternart, Fig. 317, zeichnet sich durch die langen biegsamen Arme aus.

Die Seeigel sind im Jura in §. 597.
grosser Anzahl und Mannigfaltigkeit vorhanden und meist für die Bestimmung der einzelnen Schichten und Gruppen den Muscheln deshalb als Leitversteinerungen vorzuziehen, weil ihre Schale weit mehr leicht

aufzufassende Charaktere bietet, die zur Unterscheidung der Gattungen und Arten dienen können. Es verdienen dieselben daher eine ganz besondere Beachtung um so mehr, als man sie fast in allen Formationen wiederfindet, indem es Arten giebt, welche schlammigen oder sandigen Grund, andere, welche die Lagunen der Koralleninseln oder die Felsenufer des brandenden Meeres vorzogen.

Die Familie der eigentlichen Turbanigel (Cidariden), welche sich durch ihre runde Form, ihre dicke Schale, ihre wenig zahlreichen, aber sehr grossen, vorstehenden, durchbohrten und im Umkreise gerippten Höcker auszeichnen, welche grosse und oft höchst sonderbar geformte Stacheln tragen, zeigt in den jurassischen Gebilden eine Menge von Gattungen und Arten, die theils durch ihre Schalen, theils durch ihre Stacheln bekannt sind: von diesen letzteren bilden wir hier zwei ausgezeichnete Formen ab, Fig. 318 und 319, die beide in dem schweizerischen Knotenkalke (*Terrain à Chailles*) häufig vorkommen.

Fig. 318.



Cidaris Blumenbachii. Stachel. *Terrain à Chailles.*

Fig. 319.

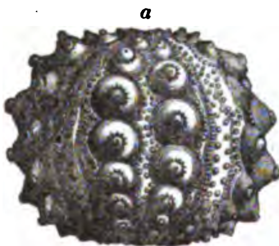


Cidaris glandiferus.

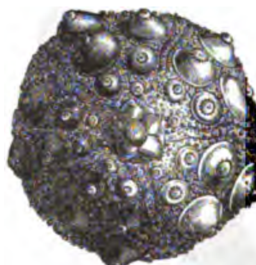
Die Gattung *Hemicidaris*, Fig. 320, hat einen runden, meist von oben her abgeplatteten Körper mit engen Fühlergängen, zwischen welchen kleine Höcker oder selbst nur einfache Körner stehen. Die Poren der Fühlergänge sind einpaarig, die Warzen auf den Feldern zwischen den Fühlern sehr gross, durchbohrt und gekerbt und mit dicken, keulenförmigen, platten Stacheln besetzt. Der Mund ist sehr gross und rundum mit tiefen Einschnitten

Fig. 320.

a



b



c

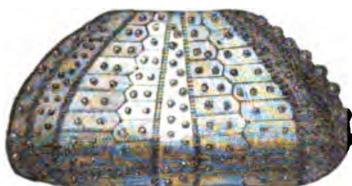


Hemicidaris crenularis. Aus dem Korallenkalke.
a Von der Seite. *b* Von oben. *c* Von unten.

versehen, welche die Gattung vorzugsweise von den eigentlichen Cidariden trennen.

Zu der Unterfamilie der Echiniden, die sich durch ihre dünnen Schalen, ihre zahlreichen, aber kleinen, meist undurchbohrten, mit dünnen und spitzen Stacheln besetzten Warzen von den Cidariden unterscheiden, gehört die Gattung *Diadema*, welche überall ziemlich grosse gekerbte und durchbohrte Warzen trägt, runde, sehr lange und geringelte Stacheln besitzt, und deren Mund gross, aber ohne Einschnitte ist. Die hier abgebildete Art, Fig. 321, ist für die untersten Schichten des Lias charakteristisch. §. 598.

Fig. 321.

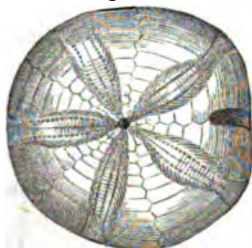


Diadema seriale. Unterer Lias.

Die Familie der Cassiduliden begreift Seeigel von rundlicher oder langer Gestalt, deren Wärzchen meistens zerstreut, selten in Reihen stehen und feine borstenartige Stacheln tragen. Der Mund steht in der Mitte oder etwas nach vorn, der After hinten oder unten. Ein Kauapparat fehlt gänzlich. Die Schale ist am Mundrande nach innen eingebogen, so dass sie einen nach innen vorspringenden Ring bildet. Fünf Augenplatten stehen auf dem Scheitel zwischen den Genitalplatten. Nach der Anordnung der Fühler, die bald einfach, bald blattförmig sind, theilt man sie in zwei Gruppen. §. 599.

Zu der Gruppe der Nucleoliden, welche blattförmige Fühlergänge besitzen, gehört die Gattung *Clypeus*, Fig. 322, die eine runde, bisweilen nach hinten etwas ausgezogene Gestalt besitzt und einen runden auf der Mitte der Unterfläche gelegenen Mund zeigt, während der After auf der oberen Fläche in einer tiefen Furche oder Grube liegt. Die Fühlergänge bilden einen eleganten, fünfstrahligen, nach der Peripherie geöffneten Stern.

Fig. 322.

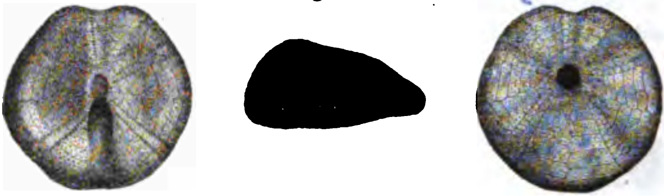


Clypeus Hugi.
Aus dem unteren Oolith.

Zu derselben Familie, aber zu der Gruppe der Echinoneiden, welche einfache Fühlergänge besitzt, gehört die Gattung *Hyboclypus*, die eine zusammengedrückte, breite, nach vorn verschmälerte Gestalt und zahlreiche dicht gedrängte, durchbohrte und gekerbte Wärzchen besitzt, welche überall auf der Oberfläche vertheilt sind. Der Mund liegt auf der unteren Seite fast in der Mitte, der After auf der oberen Fläche in einer tiefen Grube, die sich nach hinten fortzieht. Die zwei hinteren Fühlergänge vereinigen sich nicht ganz mit den drei vorderen, so dass auf dem Scheitel ein kleiner Zwischenraum zwischen beiden

bleibt. Die abgebildete Art, Fig. 323, ist charakteristisch für die Vesoulmergel des Juragebirges.

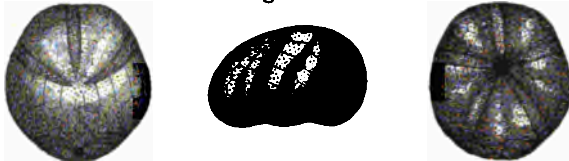
Fig. 323.



Hyboclypus gibberulus.
Aus dem Bajocien. Obere, Profil- und untere Ansicht.

§. 600. Eine eigenthümliche kleine Familie für sich bildet die Gattung *Dysaster*, Fig. 324 und 325, die sich durch die merkwürdige Eigenthümlichkeit unterscheiden, dass die Fühlergänge nicht auf dem Scheitel

Fig. 324.



Dysaster Endesi.
Aus dem Bajocien. Von oben, von der Seite und von unten.

Fig. 325.



Dysaster capistratus.
Oxfordmergel.

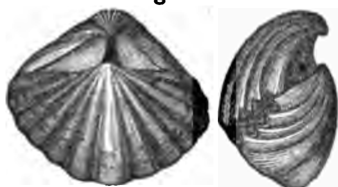
zusammenstossen, sondern in zwei Buchten zusammenlaufen, die sehr weit von einander liegen und durch einfache Täfelchen ohne weitere Auszeichnung getrennt sind. Die drei vorderen und die zwei hinteren Fühlergänge laufen so in verschiedenen Scheitelpunkten zusammen. Die Gestalt dieser Seeigel ist elliptisch oder scheibenförmig, die Scheibe dünn, mit kleinen Wärzchen versehen, die sich zwischen feiner Granulation erheben; der Mund liegt auf der Unterfläche, in der Mitte oder mehr nach vorn, der After gewöhnlich auf der hinteren Seite in einer kleinen Grube. Die Arten kommen nur in den Juraschichten und einige wenige in der Kreide vor.

§. 601. Der Lias ist die einzige Schichtengruppe aus dem Jura, in welcher noch einige Arten des in den Uebergangsgebilden so häufigen Genus *Spirifer*, Fig. 326, vorkommen, so dass mit diesem Stockwerke dieser Typus der Armfüssler gänzlich ausstirbt. D'Orbigny hat die im Lias vorkommenden Arten auch generisch unterscheiden und unter dem Namen *Spiriferina* dadurch charakterisiren wollen, dass dieselben eine

poröse und nicht faserige Schale und eine Schlossöffnung besitzen, die nicht in die kleine Schale mit übergreift. Die hier abgebildete Art ist für die unterste Liasgruppe charakteristisch.

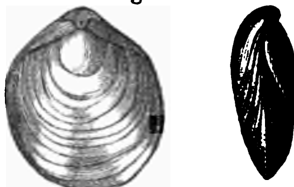
Unter den Terebrateln kommen viele charakteristische Arten vor, welche oft ihrer weiten Verbreitung und Häufigkeit wegen als vorzügliche Leitmuscheln für die einzelnen Schichten gelten können. Wir bilden hier einige der wesentlichsten Arten ab, Fig. 327 — 329, indem

Fig. 326.



Spirifer Walcotti.
Aus dem Gryphitenkalk.

Fig. 327.



Terebratula numismalis.
Aus der Belemnitenschicht des Lias.

Fig. 328.



Terebratula globata.
Aus d. unteren Oolith.

Fig. 329.



Terebratula diphya.

wir vorzugsweise auf die *Terebratula diphya* aufmerksam machen, welche sich besonders durch das mitten durchgehende Loch auszeichnet und für die rothen Kalke der südlichen Alpen, die dem unteren Oxfordmergel entsprechen, charakteristisch ist. Das hier abgebildete Exemplar zeigt auf der einen Seite statt der Schale die Eindrücke der Gefässe auf dem Mantel.

Unter den einmuskeligen Muscheln der jurassischen Gebilde zeichnen sich vor Allem die Geschlechter der Austernfamilie aus, welche hier zuerst bedeutende Bänke bilden, deren äusserer Habitus durchaus den Austerbänken unserer Küsten entspricht. §. 602.

Die eigentlichen Austern (*Ostrea*) sind mit der rechten grösseren Schale angewachsen, während die linke deckelartig darauf liegt. Die Schale selbst ist stets sehr unregelmässig, da ihre Form sehr nach dem Platze sich richtet, auf welchem sie angeheftet ist. Das Schloss ist zahnlos, das Schlossband in einer grossen, kegelförmigen Grube verborgen, die grösstentheils im dreieckigen Schlossfelde der rechten grösseren Schale liegt. Der Muskeleindruck ist meist sehr tief und gross; die Buckeln, der der rechten Schale besonders, ohne seitliche Krümmung. Viele Austerarten sind deshalb bezeichnend für ihre

Schichten, weil sie in ungeheurer Menge vorkommen. Bei dem grossen

Fig. 330.



Ostrea Marshii.
Aus der unteren Oxfordgruppe (Callovien).

Fig. 331.



Dieselbe von innen.

Fig. 332.



Ostrea deltoidea.
Aus dem Kimmeridgemergel.
Von innen.

Wechsel ihrer äusseren Form aber ist es oft unmöglich, die einzelnen Arten zu erkennen (Fig. 330 bis 332).

Die Gryphäen, Fig. 333 bis 336, unterscheiden sich von den Austern nur durch den Buckel der rechten oder grösseren Schale, welche sich spiralig nach innen eindreht, und durch die regelmässigere Form der Muschel, die darauf hinweist, dass diese Muscheln nur sehr lose angeheftet waren oder selbst ganz frei in dem Schlamme lagen. Durch diese regelmässigere Form werden die Gryphäen vortreffliche Leitmuscheln für die einzelnen Schichtengruppen, und obgleich ihre generische Abscheidung von den

Fig. 333.



Gryphaea arcuata.
Aus dem unteren Lias.

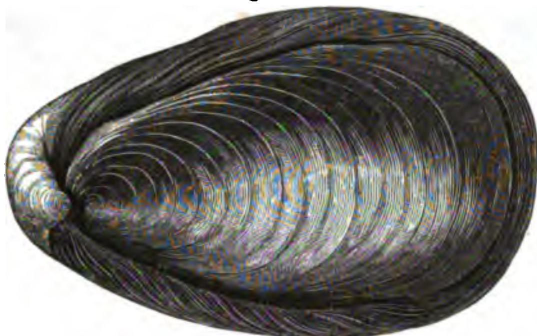
Fig. 334.



Gryphaea dilatata.
Aus dem unteren Oxfordmergel.

eigentlichen Austern nicht ganz zu rechtfertigen ist, so kann man dennoch den Genusnamen für die Gruppe der Kürze und Bequemlichkeit halber beibehalten.

Fig. 335.



Gryphaea cymbium. Aus dem mittleren Lias.

Fig. 336.



Gryphaea (Exogyra) virgula. Aus dem Kimmeridgemergel.

Fig. 337.



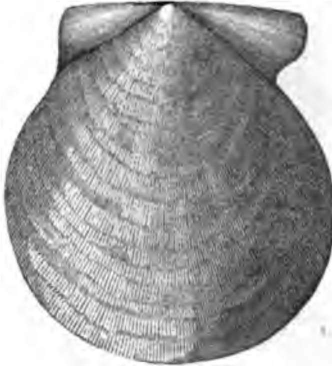
Plicatula spinosa.
Aus der Belemnitenschicht des Lias.

Den Austern ziemlich nahe steht ein anderes Geschlecht angehefteter Muscheln, die Plicatulen. Diese haben ungleiche Schalen ohne Ohren, schmal am Schloss, nach unten abgerundet, mit zwei starken, winkelförmig divergirenden Schlosszähnen in jeder Schale, zwischen welchen das dreieckige Schlossband versteckt ist. Die Oberfläche dieser Muscheln ist meist gewellt oder gefaltet; die Buckeln nicht vorstehend. Der Muskeleindruck liegt in der Mitte.

Die schon früher erwähnten Kammmuscheln (*Pectinida*) zeigen §. 603.
in den jurassischen Gebilden mannigfache Vertreter, von welchen die

folgenden, als besonders häufig und leicht kenntlich, für ihre Lagerungen als Leitmuscheln dienen können. (Fig. 338 — 340.)

Fig. 338.



Pecten lens. Aus dem unteren Oolith.

Fig. 339.



Pecten disciformis.
Aus dem mittleren Jura.

Fig. 340.



Pecten personatus.
Aus dem oberen Lias.
a Linke Schale. *b* Rechte Schale von aussen. *c* Schale von innen.

Fig. 341.



Perna mytiloides.
Aus dem Eisenoolith.

Sehr leicht zu unterscheiden sind die Muscheln, die zum Genus *Perna* gehören, Fig. 341. Sie zeichnen sich durch eine längliche, platte Gestalt, fast gleiche Schalen und ein langes, gerades Schloss aus, welches aus zwei dicken Leisten besteht, in denen tiefe Einschnitte sich befinden. Die Einschnitte des linken Schlosses entsprechen den Einschnitten des rechten Schlosses und nicht den Erhöhungen. Die beiden Schalen greifen demnach nicht im Schlosse in einander, sondern legen sich platt zusammen, und die Einschnitte dienen zur Befestigung der vielen kleinen Bänder, welche bei den Pernen statt eines einzigen Bandes sich finden. Vorn findet sich ein klaffender Ausschnitt zum Durchtritt des Byssus; im Inneren sieht man einen grossen Muskeleindruck, der mehr im oberen Theile der Schale liegt.

Die Feilenmuscheln (*Lima*) haben zwei ungleichseitige Schalen, die nur sehr wenig von einander verschieden sind, einen geraden, freien Schlossrand mit einem einseitigen Ohre und einem dreieckigen Schlossfelde. Die Buckeln der Schalen stehen auseinander. Das Schloss selbst ist zahnlos und hat eine dreieckige, innerliche Rinne. Am hinteren Rande befindet sich bald ein Ausschnitt für den Byssus, bald fehlt ein solcher. Man hat die Arten ohne Byssusausschnitt in ein besonderes Geschlecht, *Plagiostoma*, vereinigt, während man nur denjenigen, welche einen solchen besitzen, den Namen *Lima* gelassen hat, Fig. 342, eine Trennung, die nicht gerechtfertigt scheint. Die Feilenmuscheln beginnen schon im Muschelkalke und gehen durch alle Formationen bis in die Jetztwelt.

Fig. 342.



Lima (*Plagiostoma*) *gigantea*.
Aus dem Lias.

Fig. 343.



Diceras arietina.
Aus dem Korallenkalke.

Eine eigenthümliche, unter allen Umständen leicht kenntliche Form von Muscheln bilden die Doppelhörner, *Diceras* (Fig. 343), deren Arten bis auf zwei auf die oberen jurassischen Schichten beschränkt sind. Beide Schalen sind ungemein dick, unregelmässig, ungleich, hornförmig ausgezogen und eingerollt. Das Schloss ist sehr complicirt und mit Erhabenheiten versehen, die mehr oder minder diejenigen der menschlichen Ohrmuschel nachahmen. §. 604.

Fig. 344.



Trigonia navis. Oberer Lias.

Die Trigonien, Fig. 344—347, deren Gegenwart im Jura schon durch die nur wenig verschiedenen Myophorien des Muschelkalkes angekündigt war, zeigen im Jura eine Menge charakteristischer Arten. §. 605.

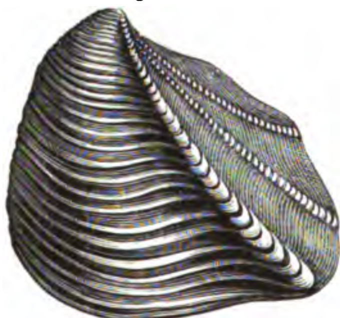
Diese Muscheln sind meist mehr oder minder dreieckig, ihre Schalen sind ungemein dick und scheinen ein sehr festes Schlossband besessen zu haben, da man nur höchst selten offene Exemplare, sondern meist nur durchaus geschlossene Muscheln oder Steinkerne findet. Die Muschel ist gleichschalig, ungleichseitig; die Schlosszähne, lang seitlich zusammengedrückt, *V*förmig gestellt und mit queren Einschnitten versehen, die den Myophorien fehlen; auf der linken Schale befinden sich vier Zähne, die nur auf einer Seite Einschnitte tragen, während die rechte Schale zwei,

Fig. 345.



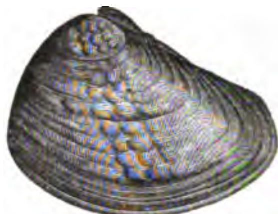
Trigonia clavellata. Aus dem Oxfordmergel.

Fig. 346.



Trigonia costata.
Aus dem unteren Oolith.

Fig. 347.



Trigonia gibbosa.
Aus dem Portlandkalke

beiderseits gekerbte Schlosszähne besitzt. Das Schlossband ist äusserlich. Die Steinkerne zeichnen sich durch die spitz dreieckige Form und die zwei rundlichen Muskeleindrücke aus, welche durch die vom Mantel herrührende Rinne verbunden werden. Fast jede Schicht des Jura hat ihre eigenthümliche Trigonie.

§. 606. Die Nuculen, Fig. 348, aus der Familie der Arcaceen, kommen besonders häufig in allen oolithischen Schichten vor. Es sind meist kleine, regelmässige Muscheln mit äusserlichem, randlichem Bande,

einem vielfach gezahnten Schlosse, dessen Zähne eine in stumpfem Winkel gebrochene Reihe bilden. In dem Buckel der Schale befindet sich ein grosser, löffelförmiger Zahn, der indess leicht zerstört wird. Die beiden Muskeleindrücke sind stark und durch einen einfachen Manteleindruck verbunden.

Fig. 348.



Nucula Hammeri. Aus dem oberen Lias. *a* Von der Seite. *b* Von oben. *c* Eine Schale von innen. *d* Steinkern von der Seite.

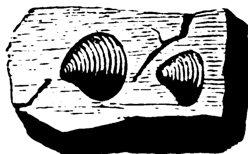
Die Astarten haben eine fast kreisrunde Form mit zwei gleichen Schalen, die vollkommen schliessen und meist selbst zu vollständigerem Schlusse innerlich längs des Randes gekerbt sind. Das Schloss hat zwei Zähne an jeder Schale; der vordere Muskeleindruck ist durch einen Quervorsprung in zwei getrennte Eindrücke getheilt. Das Band liegt äusserlich. Die runden Anwachsstreifen treten sehr stark wulstig hervor. (Fig. 349 und 350.)

Fig. 349.



Astarte elegans.

Fig. 350.



Astarte minima.

Aus dem oberen *Coral-rag* (Astartenkalk).

Man findet hauptsächlich in denjenigen Schichten des Jura, welche §. 607.
einst schlammigen Meeresboden bildeten, eine Menge von Muscheln aus der Familie der Myaceen, unter welchen sich namentlich die Goniomyen auszeichnen. Diese Muscheln haben nämlich bei sonst nicht auffallender äusserer Gestalt das Eigenthümliche, dass ihre Rippen von beiden Seiten her zusammenneigen und so auf jeder Schale eine *V*förmige Figur bilden, deren Spitze nach unten gerichtet ist. Die Goniomyen finden sich nur im Jura und der unteren Kreide.

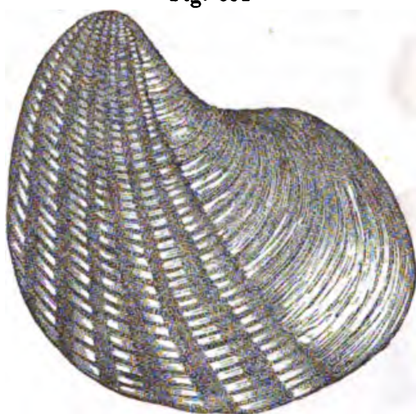
Fig. 351.



Goniomya literata. *Terrain à Chailles.*

Zu derselben Familie gehören auch die **Pholadomyen**, Fig. 352, ein ausserordentlich zahlreiches Geschlecht sehr veränderlicher Muscheln mit entgegengesetzten Buckeln, dünner Schale, die meist zu beiden Seiten offen steht, auch bei vollständigem Schlusse, am meisten aber nach hinten. Der Manteleindruck zeigt einen tiefen Ausschnitt am hinteren Theile. Das Schloss ist zahnlos und hat nur eine leichte Rinne und entgegengesetzten Wulst zur Befestigung des kurzen Bandes.

Fig. 352.



Pholadomya exaltata. Aus dem Oxfordthon.

Eine andere Gattung derselben Familie, das Genus *Anatina*, Fig. 353, hat lange, dünne, zerbrechliche, fast gleichklappige, vorn und hinten klaffende Schalen, die zuweilen nach hinten schnabelförmig ausgezogen sind. Die Buckeln sind quer gespalten, so dass auf dem Steinkerne fast immer ein Abdruck dieses Spaltes sich zeigt und das Schlossband durch zwei senkrechte Löffel gestützt; die Mantelbucht ist sehr tief, der vordere Muskeleindruck schmal, bogenförmig in die Länge gezogen.

Fig. 353.



Anatina spathulata.
Aus d. Kimmeridgemergel.

Fig. 354.



Pinna Hartmanni.
Aus d. unteren Lias.

§. 608. Die **Steckmuscheln** (*Pinna*), Fig. 354, lassen sich leicht an ihrer gestreckt dreieckigen oder fächerförmigen Gestalt erkennen: sie sind gleichschalig dünn: die Buckeln bilden die schmale Spitze, und dicht hinter ihnen befindet sich der kleine vordere Muskeleindruck. Der Schlossrand ist gerade und zahnlos; vorn befindet sich ein bedeutender Ausschnitt für den Byssus.

§. 609. In dem Wäldergebirge kommen die ersten Repräsentanten der in

unseren Gräben und Teichen so häufigen Familie der **Malermuscheln** vor, deren gleichklappige, ungleichseitige Schalen eine dicke, meist an den Buckeln zerfressene Oberhaut und einen inneren Perlmutterbeleg haben; das Band ist äusserlich; der vordere Muskeleindruck meist doppelt. Sie kommen alle nur im süssen Wasser vor. Die Gattung *Unio*, Fig. 355, die der Familie den Namen giebt, hat geschlossene Schalen mit starken Schlosszähnen, meist zwei auf einer Seite.

Fig. 355.



Unio Waldensis.
Aus dem Wäldergebirge.
Von der Seite u. von den Buckeln aus.

Wir erwähnen von den **Gasteropoden**, die übrigens in den jurassischen Gebilden nicht allzuhäufig sind, nur folgende Gattungen. §. 610.

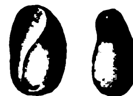
Die **Flügelhörner** (*Pterocera*) haben eine dicke, ovale Schale mit meist niedriger Spindel; die Mundöffnung ist länglich, schmal, nach vorn in einen langen, gebogenen Canal ausgezogen; der äussere Mundrand in einen Flügel erweitert, der hinter dem Canale einen Ausschnitt hat und vielfache Zacken und Spitzen trägt; der innere Mundrand ist glatt oder schwielig. Die Zacken sind bei den fossilen Arten meist abgebrochen. (Fig. 356.)

Fig. 356.



Pterocera oceani.

Fig. 357.



Bulla suprajurensis.
Aus dem Kimmeridgemergel.

Die **Blasenmuscheln** (*Bulla*), Fig. 357, haben kleine, sehr dünne Schalen, deren Oeffnung die ganze Länge der Muschel einnimmt.

Die Schalen sind kaum gewunden, die Oeffnung vorn weiter als hinten.

Ein eigenthümliches Geschlecht nur fossiler Schnecken, das fast ausschliesslich auf die jurassischen Gebilde vom unteren Oolith an beschränkt scheint, ist das Genus *Nerinea*, Fig. 358 — 361, von dem man jetzt mehr als dreissig Arten aus allen Welttheilen kennt. Nur eine Art scheint in der ächten Kreide vorhanden; alle übrigen in den Schichten des Jura und noch im neocomischen Gebilde, der untersten Kreideablagerung. Die Gestalt der Nerineen ist meist sehr langgestreckt,

Fig. 358.



Nerinea suprajurensis.
Darüber eine Windung, mitten durchschnitten.

Fig. 359.



Nerinea Mosae.
Aus dem *Coral-rag.*

Fig. 360.



Nerinea Godhallii. Aus dem *Coral-rag.*

Fig. 361.



Dieselbe im Längsdurchschnitt.

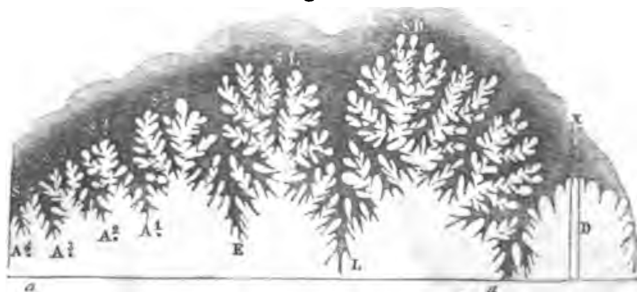
thurmförmig oder selbst fast cylindrisch; die Schale ist sehr dick, die Mundöffnung scharfrandig, mehr oder minder rhomboidal. Der merkwürdigste Charakter dieses Geschlechts beruht in einigen auf der inneren Fläche vorspringenden Falten der Schale, welche in die Höhle der Schnecke hineinragen und bei zunehmendem Alter derselben sich vergrössern, so dass die letzten Windungen der Schnecke fast gar keine Höhlung mehr besitzen, indem die wuchernden Falten sie ausfüllen. Je näher der Mundöffnung, desto dünner ist auch die Schale und desto kleiner sind die Falten, die indess in der Mundöffnung selbst stets sehr sichtbar sind.

Die hier abgebildete *Nerinea suprajurensis* ist durchaus charakteristisch für die oberen Schichten des Portlandkalkes, wo sie in ungeheuren Mengen, zuweilen ganze Bänke bildend, vorkommt.

Die Ammoniten mit äusserlich gezähnelten Kammerwänden bilden vom Muschelkalke bis zur Kreide eine ungemein lange Reihe von Arten, die oft bei ihrer Häufigkeit und der charakteristischen Form ihrer äusseren Verzierungen sehr bezeichnend sind. Die Ammoniten sind gleichförmig aufgerollte, gekammerte Schalen eines tintenfisch- oder nautilusartigen Thieres. Das Thier lebte in der äussersten Kammer der Schale, die meist ungemein gross im Verhältniss zu den übrigen Kammern ist. Diese letzteren waren hohl mit Luft angefüllt und dienten so dem Thiere als Gegengewicht, gleichsam als Schwimmblase. Eine durch diese Kammern durchgehende Röhre, der Sipho, diente nicht, wie man glaubte, als Vermittler zwischen den einzelnen Kammern und dem Thiere, wodurch letzteres die Luft in den Kammern willkürlich verdichten oder verdünnen konnte, sondern es war einfach eine Kalkröhre, die einen Sehnenstrang beherbergte, wodurch das Thier an die Schale befestigt war. Der Sipho der Ammoniten steht an dem äusseren Rande der Schale, welcher von den Windungen abgewandt ist. Man hat diese Seite, obwohl mit grossem Unrecht, den Rücken der Ammoniten genannt, da, nach der Beschaffenheit des jetzt noch lebenden Nautilus, gerade der Bauch nach aussen, der Rücken des Thieres aber nach innen gegen den Centralpunkt der Schale gewandt ist. Indess ist die Bezeichnung so in den Gebrauch übergegangen, dass man fortfahren wird, den Sipho der Ammoniten dorsal zu nennen, obgleich derselbe eigentlich ventral ist. §. 611.

Die Schalen der Ammoniten waren meist äusserst dünn, so dass nur die Steinkerne mit den Kammerwänden erhalten sind. Die Kammerabtheilungen sind gewellt, auf dem Rande meist blattförmig ausgezackt, und bilden mehre Ein- und Ausbiegungen, die man Sättel und Loben genannt hat. Die Loben sind die nach hinten gerichteten Einbiegungen, die Sättel die nach vorn hervorstehenden Ausbiegungen;

Fig. 362.



Die Hälfte einer Kammerscheidewand von *Ammonites Truellei* aus dem Bajocien, vorn entwickelt. X Sipho. SD Rückensattel. SL Seitensattel. S^1 — S^4 Bauchsättel. a Rückenlobus. L Erster Seitenlobus. E Zweiter Seitenlobus. A^1 — A^4 Bauchloben.

jede Scheidewand hat wenigstens sechs Loben, vier seitliche, auf jeder Seite zwei, einen dorsalen und einen ventralen, welche durch Sättel von einander getrennt sind und zu welchen noch accessorische Loben und Sättel kommen können.

Die erste Kammer der Ammoniten ist meist nicht erhalten. Man hat indess an einigen Orten, namentlich in England, Ammoniten gefunden, wo der äusserste Rand der Schalenöffnung sich vollkommen intact zeigte, und wo man bald einen mittleren, schnabelartigen Vorsprung, bald seitliche, weit vorragende Lappen erblickte. Man erkennt die Arten meist durch die Art der Einrollung, die mehr oder minder vollständig ist, durch die äusseren Verzierungen, die Form des Durchschnittes u. s. w. Die Familien, welche unter den Ammoniten aufgestellt worden sind, erleichtern sehr die Kenntniss der einzelnen Arten, und obgleich dieselben eigentlich auf keine geologische Bedeutung Anspruch machen können, so erwähnen wir dennoch die Charaktere dieser Familie bei denjenigen Arten, die wir als charakteristische Leitmuscheln hier abbilden.

§. 612. Die Familie der Widder (*Arietes*) hat einen breiten gekielten Rücken, der indess bei einigen Arten fehlt, und gerade, starke, einfache Rippen, die in der Nähe des Kieles plötzlich mit einem Knoten aufhören. Lappen und Sättel sind paarig getheilt, der Rückenlappen so tief als breit, der Bauchlappen lang und schmal und die Seitensättel doppelt so hoch als der Rücken- und der Bauchsattel. Sie kommen alle in dem Lias vor, und der hier abgebildete *Ammonites Bucklandi*, Fig. 363, bildet den Typus dieser Familie.

Fig. 363.



Ammonites Bucklandi (*bisulcatus*).
Von der Seite und von vorn.
Aus dem unteren Lias.

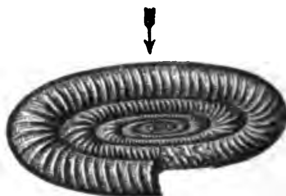
Die Familie der Falciferen hat eine stark zusammengedrückte Scheibe mit schmalem Rücken und scharfem, glattem, ungekerbtem,

Fig. 364.



Ammonites Nodotianus.
Aus dem unteren Lias.

Fig. 365.



Derselbe, platt gedrückt.

stark vorragendem Kiele, gegen welchen hin die Rippen sich sichelförmig krümmen, oft so bedeutend, dass sie zu beiden Seiten des Lippensaumes Ohren bilden. Die Mündung ist im Querschnitt einer Pfeilspitze ähnlich und der Kiel im Profil schnabelförmig verlängert. Sie finden sich grösstentheils im Lias, gehen aber durch den ganzen Jura hindurch bis in den Korallenkalk vor.

Fig. 366.




Ammonites bifrons.
Aus dem Toarcien.

Fig. 367.



Ammonites striatulus.
Aus dem unteren Oolith.

Die Familie der Amaltheen hat einen scharf abgesetzten, knotigen oder gekerbten Rücken, in dessen Knoten die meist geraden Rippen, welche oft Stacheln und Höcker haben, sich fortsetzen. Der Kiel verlängert sich schnabelförmig am Rücken. Die Umgänge sind stark und

Fig. 368.




Ammonites margaritatus.
Aus dem mittleren Lias.

Fig. 369.




Ammonites cordatus.
Aus dem Oxfordmergel.

schliessend; alle Lappen und Sättel mehrfach unpaarig getheilt und die Nähte mit Hülfslappen versehen. Die Familie reicht vom Lias bis in die Kreide.

In der Familie der Armaten sind die Rippen gewöhnlich mit zwei Reihen von Stacheln geziert, so dass die Mündung der Schale eine

vierseitige Gestalt erhält. Der linke und rechte Seitenlappen sind eben so lang als der Bauch- und Rückenlappen, und doppelt so lang als die übrigen.

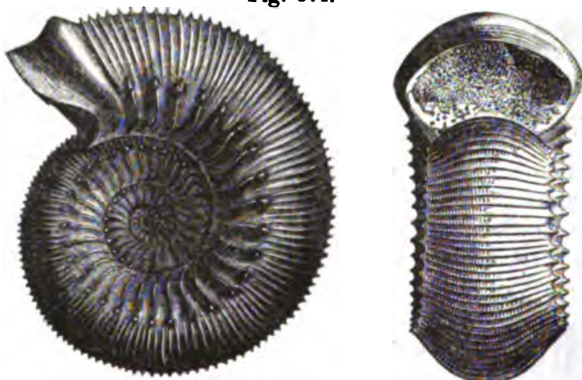
Fig. 370.



Ammonites catena.
Aus dem Lias.

In der Familie der **Coronaten** ist der Rücken breit, flach, ungekielt, die Seiten schmal, mit Rippen bedeckt, welche auf der Kante zwischen Seiten und Rücken einen spitzen Knoten bilden und quer über den Rücken hin sich in mehre Aeste theilen, welche auf dem Rücken sich vereinigen. Der Nabel ist sehr tief, die Lappen unpaarig, die Sättel paarig getheilt. Mit Ausnahme einiger weniger Species, die sich im Lias finden, kommen alle übrigen Formen in den mittleren und höheren Schichten des Jura vor.

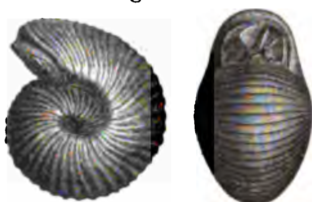
Fig. 371.



Ammonites Humphresianus. Aus dem Bajocien.

Die Familie der **Macrocephalen**, welche im Jura wie in der Kreide repräsentirt ist, unterscheidet sich von der vorigen durch noch schnellere Zunahme in der Dicke, wodurch ihre Oeffnung fast eine quer ovale Gestalt erhält. Der Rücken ist ungekielt, breit, die Seiten sehr schmal, der Nabel sehr tief, und die Rippen laufen, wie bei den vorigen, von Knoten oder Stacheln aus, die aber hier ganz dicht um den Nabel herum stehen. Der Bauchlappen ist sehr gross und hat zwei grosse abstehende Flügel. Manche

Fig. 372.



Ammonites bullatus.
Aus der Bathgruppe.

Arten zeichnen sich noch dadurch aus, dass ihre Windung nicht immer dieselbe bleibt, sondern nach vorn eine mehr gerade Linie bildet.

Die Familie der Dentaten hat einen schmalen, ungekielten, flachen oder vertieften Rücken, der mit einer rechtwinkeligen gezähnten Kante an die grossen, fast parallelen Seitenflächen anstösst. Die Rippen sind sehr fein, oft gegabelt, mit Knötchen versehen, die Mündung quer

Fig. 373.



Ammonites refractus.
Aus dem unteren Oxford.

Fig. 374.



Ammonites Jason.
Aus dem unteren Oxford.

und beiderseits geöhrt, die Zähne auf der Verbindungskante zwischen Rücken und Seite oft von den Rippen unabhängig. Die Familie kommt von dem mittleren Jura bis in die Kreide vor.

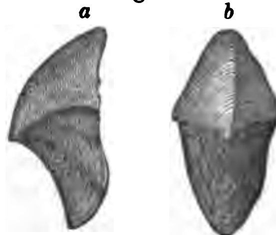
Die Nautilen, Fig. 375 und 376, deren schon früher Erwähnung §. 613.
gethan wurde, kommen in den jurassischen Schichten mit mannigfachen Arten vor, deren einige durch ihre grosse Verbreitung und ausgezeichneten äusseren Charaktere als Leitmuscheln gelten können. Ausser den Schalen selbst findet man sowohl im Jura, als auch im Muschelkalke viele versteinerte Schnäbel dieser Cephalopoden, welche denen der lebenden ziemlich ähnlich und unter den Namen *Rhyncholithes* und *Conchorhynchus* bekannt sind. Diese Schnäbel haben im Allgemeinen die Form von Papageien- oder Schildkrötenschnäbeln.

Fig. 375.



Nautilus lineatus.
Aus dem unteren Oolith.

Fig. 376.



a Der Schnabel von der Seite.
b Derselbe von vorn.

§. 614. Zu den merkwürdigsten Versteinerungen gehören die **Belemniten**, Fig. 377 — 381, welche vom Lias bis zur Kreide in grosser Menge vorkommen und namentlich im Lias oft ganze Lager bilden. Meist bilden sie cylindrische oder platte Körper, an der einen Seite zugespitzt oder lanzenartig geschärft, an der anderen mit einer conischen, mehr

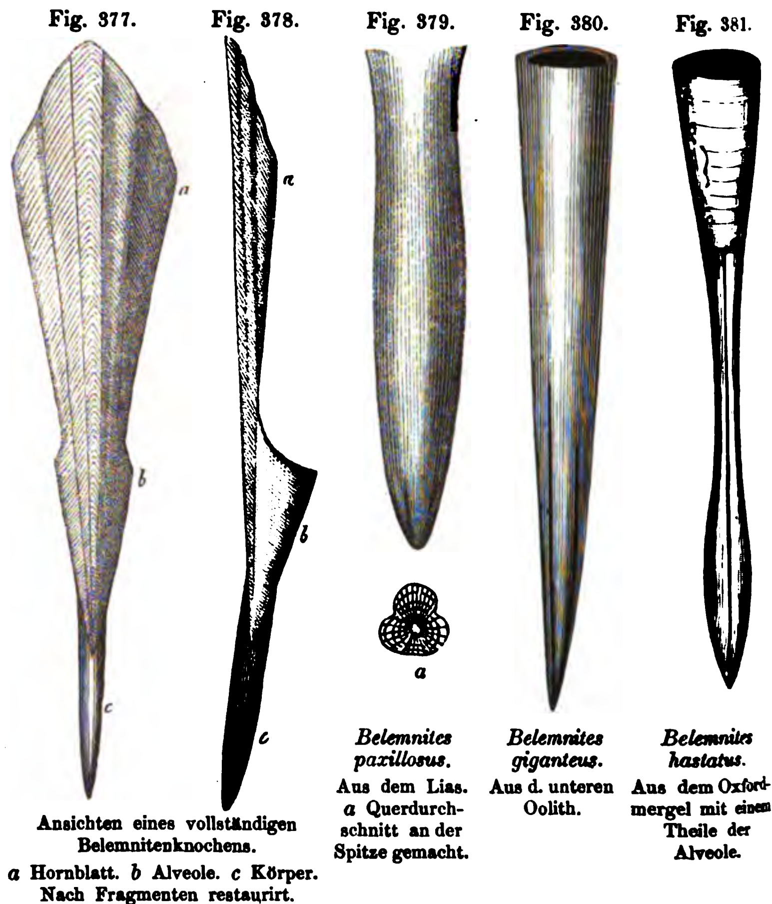


Fig. 377. Fig. 378. Ansichten eines vollständigen Belemnitenknochens. *a* Hornblatt. *b* Alveole. *c* Körper. Nach Fragmenten restaurirt.

Fig. 379. *Belemnites paxillosus.* Aus dem Lias. *a* Querdurchschnitt an der Spitze gemacht.

Fig. 380. *Belemnites giganteus.* Aus d. unteren Oolith.

Fig. 381. *Belemnites hastatus.* Aus dem Oxfordmergel mit einem Theile der Alveole.

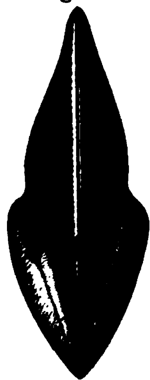
oder minder langen Höhle. Der Belemnit ist meist an dieser Seite zerbrochen, und es hat lange Untersuchungen und Beseitigung vieler Irrthümer gekostet, bis man auf richtige Ansichten gekommen war. Ein vollständiger Belemnit ist aus drei Stücken zusammengesetzt, von denen man aber meist nur das untere, den Schnabel oder Körper, erhalten findet, das, wie schon bemerkt, meist cylindrisch und solid ist. Das obere Ende des Körpers (*c*), Fig. 378 und 379, bildet eine conische, becherförmige Höhle, in welcher die Alveole oder der Phragmoconus (*b*)

steckt; eine wahre gekammerte Schale mit Luftkammern, die wie Uhrgläser auf einander geschichtet sind, und durch welche ein Sipho hindurchgeht, der an der Seitenwand der Alveole anliegt. Der hintere Theil der Alveole endlich setzt sich in ein blattartiges Gebilde fort, das wahrscheinlich, wie bei den Calmaren, hornartig war und deshalb das Hornblatt genannt wird. Das Hornblatt (*a*) ist nur sehr selten erhalten; die Alveole meist von dem Körper oder Schnabel getrennt und dieser noch ausserdem meist oben zerbrochen. Man hat eine grosse Anzahl von Arten unterschieden, die aber in neuester Zeit sehr vermindert und als zufällige oder Alters-Varietäten erkannt worden sind.

Ueber das Thier der Belemniten kann man nur unsichere Vermuthungen aufstellen, da es jetzt nachgewiesen ist, dass diejenigen Thiere, deren Abdrücke man in England gefunden hatte und die man für Thiere der Belemniten hielt, diesen nicht angehörten, und dass namentlich den Belemniten ganz sicher ein Tintensack abging, welchen jene Abdrücke in ausgezeichneter Weise besitzen.

In verschiedenen Schichten des Jura, wie namentlich im Lias sowie in §. 615.
den Solenhofener und Stonesfielder Schiefern, hat man Abdrücke von Kopffüsslern entdeckt, welche theils den eigentlichen Sepien, theils der Gattung *Loligo* nahe stehen. Diejenigen, welche man früher für die Thiere der Belemniten hielt, haben den Namen *Belemnoteuthis* erhalten. Das Thier war schlank, langgestreckt, hatte einen rundlichen Kopf mit zwei grossen Augen, acht kurzen und zwei langen Armen, die mit zwei Reihen stark gekrümmter Haken statt Saugnäpfen besetzt waren, und so der jetzt lebenden Gattung *Onychoteuthis* sich anschlossen. An dem hinteren Ende des Körpers war eine breite, halb ovale Schwimmflosse angebracht und im Inneren des Körpers stak ein stumpf kegelförmiger, dem Kammerkegel eines Belemniten ähnlicher hornigkalkiger Körper, der innen gekammert scheint und über welchem ein Tintensack deutlich erhalten ist. Den eigentlichen Loligoarten noch näher stehen Thiere mit acht kurzen und zwei langen Armen, die lange, hornige, meist schwertförmige oder federförmige Schulpenblätter im Inneren tragen, welche gewöhnlich in ein dütenförmiges Ende auslaufen. Man hat auch aus dieser Gruppe mehrere Gattungen, von welcher wir hier eine abbilden, Fig. 382, die sich durch ihre hornige, längliche, vorn zugespitzte Schulpe auszeichnet, welche nach hinten sich erweitert und zwei seitliche Flügel zeigt, deren Federstreifung nur schwach gekrümmt ist.

Fig. 382.



Belemnoteuthis subcostata.
Aus dem Toarcien.

Zu den noch immer räthselhaften Versteinerungen gehört die Gattung *Aptychus*, Fig. 383 und 384, §. 616.
a. f. S., deren älteste Repräsentanten man schon in der Kohlenzeit findet, die aber im Jura besonders häufig

auftritt und von den Arbeitern in Solenhofen mit dem Namen der versteinerten Ochsenklauen bezeichnet wird. Es bestehen diese Reste aus zwei gleichen, dreieckigen, hornartigen Stücken, die gewöhnlich so neben einander liegen, dass beide Stücke sich mit ihrem geraden Rande entsprechen. Auf der Aussenseite tragen diese Schalen eine dicke Kalkschicht, die zellig erscheint und auf der Hornschicht aufruht. Gewöhnlich zeigen sich auch feine Anwachsstreifen oder selbst Lamellen, die über einander liegen und der grössten wellenförmig gebogenen Seite entsprechen. Der Mangel eines Schlosses, eines Muskeleindruckes, einer Mantellinie zeigt, dass diese Schalen keine Muscheln sein können. Da man sie gewöhnlich auf oder in Wohnkammern von Ammoniten findet und zwar oft in einer bestimmten Lage, so glaubte man sie für innere Theile oder für Deckel von Ammoniten ansehen zu müssen, wogegen indessen der Umstand spricht, dass man oft in sehr verschiedenen Ammonitenarten dieselbe Art von *Aptychus* findet. D'Orbigny hat in der letzten Zeit wahrscheinlich zu machen gesucht, dass diese Schalen jener parasitischen festsitzenden Ordnung von Krustenthieren angehören, die wir unter dem Namen der Rankenfüsser (Cirrhipedien) bezeichnen, und dass sie namentlich der Gattung *Anatifa* nahe stehen, in welcher das Thier eine dreieckige mantelähnliche Schale hat, die auf einem fleischig muskulösen Stiele aufsitzt, aber aus fünf Stücken besteht, während die Schale der Aptychus nur aus zwei symmetrischen Stücken zusammengesetzt gewesen wäre. Die Anatifen setzen sich in der That mit besonderer Vorliebe an schwimmende Körper, wie z. B. Schiffe, Treibhölzer und schwimmende Schalen an, und es wäre daraus zu erklären, dass man die Schalen der ihnen verwandten Aptychen besonders häufig in oder an Ammoniten findet. Pictet glaubt dagegen in den Aptychen Polypen aus der Familie der Pennatuliden sehen zu müssen, deren polypentragendes Blatt aus zwei Stücken bestand.

Fig. 383.



Schalenhälfte von *Aptychus sublaevis*. Aus den Solenhofener Schiefern.

Fig. 384.



Restauration des Thieres als Rankenfüsser.

§. 617. Ueberreste von Würmern (*Annelida*) finden sich meist nur dann erhalten, wenn die Würmer kalkige oder hornige Röhren bewohnten, also zu der Unterordnung der Tubicolen gehörten. Die Gattung *Serpula*, Fig. 385, findet sich häufig fast in allen Schichten vom devonischen Systeme an. Ihre Röhren sind kalkig, fest, zum grossen Theile oder ganz angeklebt; sie nehmen stets bis zur vorderen Oeffnung an Grösse zu.

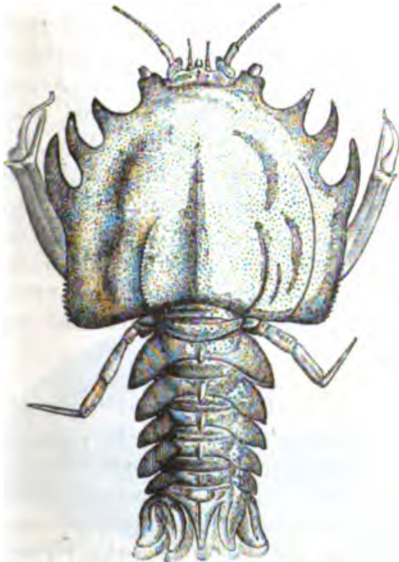
Unter den eigentlichen Crustaceen zeichnen sich in den jurassischen §. 618.

Fig. 385.



Serpula flagellum. Von Solenhofen.

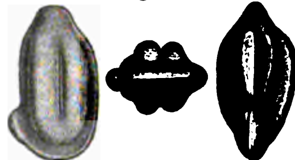
Fig. 386.



Eryon arctiformis.
Aus den Solenhofener Schiefern.

Gebilden namentlich die langschwänzigen Krebse durch zahlreiche Vertreter aus. Wir bilden hier die Gattung *Eryon* ab, Fig. 386, welche durch ihre breite, flache Kopfbrust viele Aehnlichkeit mit den Bärenkrebsen (*Scyllarus*) besitzt, aber durch ihre langgestielten, kurzen äusseren Fühler, die kurzen vielgliedrigen inneren Fühler, die langen schlanken Scheeren des ersten Fuss-

Fig. 387.



Cythere auriculata.
Von der Seite, von vorn und von unten.

paares den eigentlichen Hummerkrebsen (*Astacida*) sich anschliesst.

Zu den schon früher erwähnten Schalenflöhen (*Cyprida*) gehört die Gattung *Cythere*, Fig. 387, mit bohnenförmigen, stark buckeligen und gerippten Schalen, deren Ueberreste häufig in dem Wäldergebirge vorkommen.

§. 619. An **Insecten** war die jurassische Fauna schon ziemlich reich. Besonders vortrefflich erhalten sind ihre Ueberreste in dem Lias von Möllingen im Canton Aargau in der Schweiz und in den Schiefern von Solenhofen. Aus letzteren bilden wir eine wohlerhaltene Libelle ab, Fig. 388; was die ersteren betrifft, so stellt sich nach den Untersuchungen Heer's in Zürich etwa folgendes Gesammtbild heraus. Die ganze Insectenfauna weist auf ein tropisches Klima hin: Käfer, und unter diesen die Familie der Buprestiden, die hauptsächlich in tropischen Gegenden leben, bilden die Hauptzahl der beobachteten Insecten, und zwar schliessen sich die beobachteten Formen am nächsten an Arten aus Brasilien und Madagascar an. Auch die übrigen Insecten bestätigen diese Annäherung.

Fig. 388.



Libelle von Solenhofen.

Ferner sind die meisten gefundenen Arten Holzinsecten, deren Larven in Bäume bohrten (Buprestiden, Elateriden); andere Arten sind Süsswasserinsecten, Pilzkäfer, Kakerlaken, Heuschrecken, Baumwanzen, Ameisen und Termiten. Fliegen, Schmetterlinge und Bienen sind bis jetzt noch nicht gefunden worden.

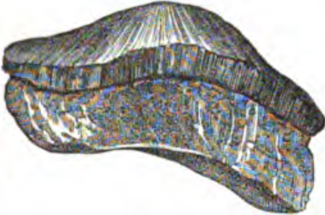
§. 620. Die jurassischen Gebilde stellen sich in Hinsicht ihrer **Fische** als ein durchaus neuer Abschnitt in der Geschichte der Erde dar, indem von nun an die Formen mit ungleichlappiger Schwanzflosse (Heterocerken), welche wir unter den paläozoischen Formen zuerst und allein herrschend erblickten, mehr und mehr zurücksinken und den gewöhnlichen Gestalten mit gleichlappiger Schwanzflosse (Homocerken) Platz machen. Im Uebrigen finden sich indess, mit geringer Ausnahme, wie unter den paläozoischen Fischen, nur Ganoiden mit Schmelzschuppen oder Placoiden, d. h. Knorpelfische, von welchen meist nur Zähne und Rückenstacheln erhalten sind.

Unter den **Cestracionten** der jurassischen Gebilde zeichnen sich namentlich die *Strophodus*-Arten aus, Fig. 389, längliche Zähne an beiden Enden abgestutzt, in der Mitte erhaben, deren Längsaxe etwas gedreht ist, so dass das Volk sie oft mit versteinerten Blutegeln ver-

gleicht. Die Oberfläche dieser Zähne ist gefaltet und gestreift, meist selbst gegittert; die Wurzel breit, platt und schwammig.

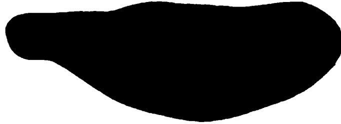
Der jetzt lebenden Gattung *Cestracion* war vielleicht am ähnlichsten unter den ausgestorbenen Fischgeschlechtern die Gattung *Acrodus*, Fig. 390, deren Zähne sich vom Kupferschiefer bis in die Kreide in

Fig. 389.



Strophodus longidens.
Aus dem unteren Oolith.
(*Calcaire de Caën* in der Normandie).

Fig. 390.

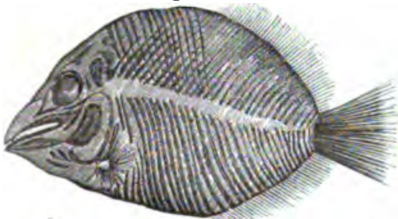


Acrodus nobilis.
Aus dem mittleren Lias.

zahlreichen Arten finden. Die Wurzel dieser Zähne ist vierseitig, schwammig; die Krone abgerundet, mitten erweitert und mit wolligen Schmelzfalten bedeckt, die vom höchsten Punkte oder von einer die Krone halbirenden Längsfalte aus nach allen Seiten hin strahlen.

Die Ganoiden treten mit äusserst mannigfaltigen und charakteristi- §. 621.
schen Formen auf. Die Pycnodonten, deren wir schon früher erwähnten, zeigen hier mehre Geschlechter, unter welchen das Geschlecht *Pycnodus*, Fig. 391 und 392, selbst das zahlreichste ist. Es sind kurze,

Fig. 391.



Pycnodus rhombus.
Abdruck d. ganzen Fisches. *Torre d'Orlando.*

Fig. 392.



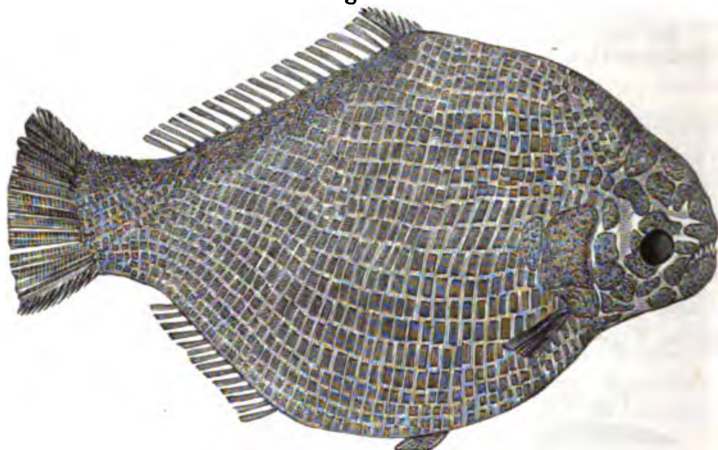
Pycnodus gigas.
Kinnladenstück a. d. Portlandkalke.

hohe Fische mit sehr schnell abfallendem Kopfprofil, hochliegenden Augen und ziemlich weitem Maule. Das Skelett ist sehr stark; die Wirbelfortsätze namentlich sehr bedeutend und im Nacken noch durch eigenthümliche, schiefe Knochenstacheln verstärkt. Die Flossen sind niedrig, aber ziemlich lang; Rücken- und Afterflosse überziehen die ganze hintere Hälfte des Körpers; die Schwanzflosse ist fächerförmig,

gleichlappig. Die Brustflossen sind sehr klein; Bauchflossen fehlen. Die Schuppen sind ziemlich dünn, länglich-rhomboidal und in schiefen Reihen über dem Körper geordnet. Die Zähne dieses Geschlechtes sind breit, flach und meist ziemlich abgenutzt; sie haben meist eine bohnenförmige Gestalt; besonders diejenigen in der Mitte der Kiefer. Die Seitenzähne sind kleiner, rundlich; die vorderen Schneidezähne meisselförmig. Im compacten Portlandkalke namentlich sind diese, meist zerstreut vorkommenden Zähne bei dem Mangel anderer Fossilien vortreffliche Wegweiser.

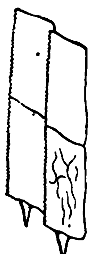
§. 622.] Die Familie der Dapediden oder der Einzeiler (*Monosticha*) mit homocerker Schwanzflosse zeichnet sich im Jura namentlich durch die Geschlechter *Dapedius*, Fig. 393, *Tetragonolepis*, Fig. 394, und *Pholidophorus* aus.

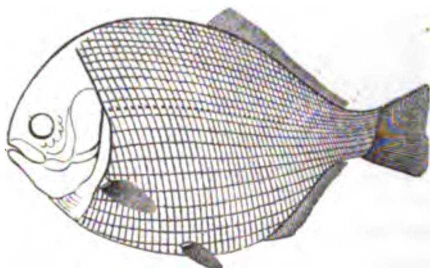
Fig. 393.



Dapedius punctatus. Aus dem Lias.

Fig. 394.







Restauration von *Tetragonolepis*. Aus den mittleren Liasschiefern. Daneben einige Schuppen.

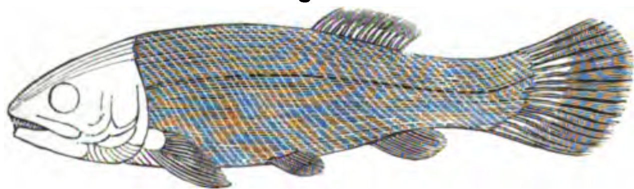
Die ersten beiden Geschlechter unterscheiden sich nur durch ihre Zähne, welche bei *Dapedius* ausgeschweift und zweispitzig, bei *Tetra-*

gonolepis einspitzig scharf sind. Im Uebrigen haben diese Fische einen platten, hohen, kurzen Körper, kleinen Kopf mit kleiner Mundspalte; unbedeutende, kurze Flossen; die Bauchflossen stehen in der Mitte des Bauches, Rücken- und Afterflosse einander gegenüber; die Schwanzflosse ist gleichlappig. Die Schuppen sind rhomboidal, dick, mit dicker, glänzender Schmelzlage bedeckt und durch knöcherne Gelenkzapfen zusammengehalten.

In den jurassischen Schichten finden sich viele Fische, welche den §. 623. rundschuppigen Ganoiden zugezählt werden und die durch ihre Beschuppung, wie durch ihre Charaktere sich den gewöhnlichen Knochenfischen am nächsten anreihen. Alle diese Fische, welche grösstentheils der Familie der Kahlhechte (*Amida*) angehören, haben glatte, runde, dachziegelförmig übereinanderliegende Schuppen, die deutliche, concentrische Linien zeigen, aber, wie es scheint, noch mit einer Schmelzlage überzogen sind. Die Gattungen *Leptolepis* und *Thrissops*, die dieser Familie angehören und kleine zierliche Fischchen sind, scheinen in den jurassischen Gewässern etwa die Rolle unserer jetzigen Weissfische gespielt zu haben; andere Gattungen waren mehr räuberisch.

Die *Megalurus*-Arten haben eine sehr grosse, abgerundete Schwanzflosse, eine ziemlich gedrungene, kräftige Gestalt; ziemlich hohe Rückenflosse und grosse Brustflossen. Der Kopf ist kurz, die Mundspalte nicht sehr gross, aber mit dicken, conischen Zähnen bewaffnet. Die Schuppen sind gross und hinten abgerundet, so dass sie in ihrer Gestalt einigermaassen den Schuppen der Karpfen gleichen.

Fig. 395.

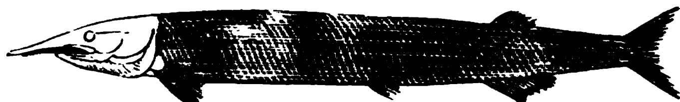


Restauration von *Megalurus*.
Aus den oberen Juraschichten von Solenhofen und Kehlheim.

In den jurassischen Schichten treten zum ersten Male Fische mit §. 624. schnabelförmig verlängerter Schnauze auf, die meist zu den Rhombenschuppern gehören. Die *Aspidorhynchus* gehören zu dieser Gruppe: sie sind lang, schmal, cylindrisch; der Oberkiefer erstreckt sich schnabelförmig weit über den Unterkiefer hervor, wie bei dem Schwertfische. Beide Kinnladen sind mit spitzen, conischen, ungleichen Zähnen besetzt. Die Schuppen sind höher als lang, meist mehr als doppelt so hoch in der Nähe der Seitenlinien. Die Rücken- und Afterflosse, einander entgegengesetzt, liegen sehr weit nach hinten, wie beim Hecht. Die

Schwanzflosse ist halbmondförmig. Man findet Aspidorhynchen in Solenhofen, sowie in der Kreide.

Fig. 396.



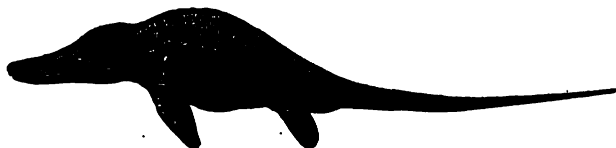
Restauration von *Aspidorhynchus.*

§. 625. Die Reptilien der jurassischen Gebilde sind namentlich durch die Familie der Enaliosaurier oder Seeeidechsen ausgezeichnet, welche zwei besonders charakteristische Geschlechter einschliesst, die Ichthyosauren und die Plesiosauren, deren Charaktere so sehr von denjenigen der übrigen Saurier abweichen, dass sie, bei ihrer abenteuerlichen Form und bedeutenden Grösse, fast überall durch Zeichnung und Beschreibung bekannt sind. Die Enaliosaurier im Allgemeinen haben biconcave Wirbel, durchaus wie Fischwirbel gebildet; vier Ruderfüsse, deren handartige Verlängerung aus einzelnen rundlichen Knochenstücken zusammengesetzt ist und ein plattes Ganze bildet, ohne Krallen und ohne Fingerabtheilungen; spitze, kegelförmige Zähne, welche in einer langen, vertieften Rinne längs der Kiefer stehen, ausserdem aber noch in eigenen Zahnhöhlen sitzen, wie die Zähne der Crocodile, und wo die Ersatzzähne ebenfalls in die Höhle des alten Zahnes durchbrechen. Der Kopf hat in seiner Zusammensetzung grosse Aehnlichkeit mit der Structur des Crocodilkopfes, während die flossenförmigen Ruderfüsse sonst nirgends bei den Reptilien vorkommen und die doppelt ausgehöhlten Wirbel eine unverkennbare Fischähnlichkeit bedingen.

Die Ichthyosauren, Fig. 397 — 400, erreichten bis vierzig Fuss Länge; sie hatten einen dicken Hinterkopf mit langer, spitzer Schnauze, in welcher 120 bis 160 spitze, kegelförmige, längsgestreifte Zähne stehen, welche beim Schliessen des Mundes in einander greifen. Die Augenhöhlen sind ungeheuer gross, kreisförmig, und in ihnen findet sich meist ein becherförmiger Knochenring, aus mehren einzelnen Stücken zusammengesetzt, der eine mittlere, runde Oeffnung lässt und offenbar in der weissen Augenhaut, der Sclerotica, eingebettet lag, wie dies auch jetzt noch namentlich bei Vögeln und Schildkröten der Fall ist. Die osteologischen Eigenthümlichkeiten des Kopfes stehen zwischen Leguanen und Crocodilen in der Mitte. Der Hals ist äusserst kurz, gerade gestreckt und aus etwa fünf bis zehn Wirbeln zusammengesetzt. Der rippentragenden Rückenwirbel sind gegen vierzig; man hat deren bis zu neun Zoll Durchmesser gefunden. Alle Wirbel trennen sich leicht von den einzelnen Fortsätzen, welche auf ihnen ruhen, und erscheinen dann wie Dambrettsteine, die auf beiden Seiten vertieft sind. Die Rippen umfassen den ganzen Leib und vereinigen sich in einem Tförmigen

Brustbeine. Die vorderen Flossenfüsse mit dem Schulterapparat sind stärker als die hinteren mit dem Becken. Der Schwanz ist verhältnissmässig kurz für ein eidechsenartiges Thier; meist nicht ganz so lang als der Rumpf. Die Flossen waren wohl ohne Zweifel mit eckigen Knochen oder Hornplatten bedeckt, der übrige Körper nackt.

Fig. 397.



Das ganze Skelett von *Ichthyosaurus communis*. Aus dem Lias.

Fig. 398.



Der Kopf von der Seite.

Fig. 399.



Der Kopf von oben.

Fig. 400.



Ein Zahn des *Ichthyosaurus platyodon* in natürlicher Grösse.

Diese Thiere hatten, wie viele der jetzt lebenden Fische, eine Spiralklappe im Darm, wodurch ihre Excremente eine gewundene, schneckenförmige Gestalt erhielten. Man hat diese, unter dem Namen der Coprolithen bekannten fossilen Excremente häufig in der Bauchhöhle verschiedener Ichthyosauren gefunden, und aus den darin eingebackenen Knochenschuppen von Fischen, die mit ihnen vorkommen, schliessen müssen, dass sie sich von Fischen besonders nährten und ohne Zweifel, nach ihrer Organisation zu schliessen, ungemein gefrässig waren. Mit Sicherheit kennt man Ichthyosauren nur aus dem Lias; die Angaben aus anderen Formationen beruhen auf einzelnen Zähnen und Knochenstücken, die meist verwechselt wurden.

§. 626. Wenn möglich noch abenteuerlichere Formen zeigen die Plesiosauren, Fig. 401 und 402, welche in allen allgemeinen Charakteren mit den Ichthyosauren übereinstimmen, allein von ihnen namentlich durch grosse Länge und Biegsamkeit des Halses abweichen, der in der langhalsigen Art fast der vorderen Hälfte einer Schlange gleicht. Der

Fig. 401.



Restauration von *Plesiosaurus dolichodeirus*. Lias.

Fig. 402.



Ein fast vollständiges Skelett von *Plesiosaurus macrocephalus*.

Kopf ist klein, die vorn zusammengewachsenen Kiefer mit feingestreiften Kegelzähnen besetzt, die namentlich im Unterkiefer länger werden und als Fangzähne anzusehen sind; die Ruderfüsse sind länger als bei *Ichthyosaurus*, der Schwanz kurz und stielförmig. Das Thier schwamm wahrscheinlich wie ein Schwan mit Sförmig gebogenem Halse und lebte von Fischen, wie die Ichthyosauren, mit welchen die Skelette zusammen vorkommen.

Den Enaliosauriern in Hinsicht der Bezahnung nahe verwandt, §. 627.
aber in anderen Beziehungen sehr von ihnen verschieden, erscheinen die Pterodactylen, Fig. 403 und 404 a. f. S., deren Natur noch keineswegs so festgestellt scheint, als sie verdiente, die aber jedenfalls eine

Fig. 403.



Restauration von *Pterodactylus crassirostris*.
Die schwarzen Flächen deuten die Erstreckung der weichen Theile an.

Familie für sich ausmachen. Der Kopf dieser Reptilien ist sehr gross, mit weiten Augenhöhlen und ungegliedertem Augenringe, der Rachen mit langen, spitzen, pfriemenförmigen Zähnen besetzt, die in Zahnhöhlen sitzen und die Ersatzzähne in ihrer Höhle bergen, der Hals ist lang, stark, der Rumpf kurz, schwach und nach hinten in einen sehr kurzen, dünnen Schwanz endigend. Der Schulterapparat ist sehr stark, aus einem langen, säbelförmigen Schulterblatt, einem dünnen, Hakenschlüsselbein zusammengesetzt, ohne Gabelbein, der Oberarm kurz und ziemlich dick, die Unterarmknochen mehr als doppelt so lang. An diesen sitzt nun auf einigen kleinen Mittelhandknochen die merkwürdigste Hand im ganzen Thierreiche; innen vier dünne Krallenfinger, an welche sich nach aussen ein ungeheuer langer, starker, säbelförmiger Finger anschliesst, aus vier langen Gliedern gebildet. Dieser Finger für sich ist etwa so lang, wie Hals und Rumpf zusammengenommen.

Die Hinterfüsse sind schwach, mit Krallenfingern versehen, lang und an einem schwachen, kleinen Becken befestigt.

Man hat in dieser Familie mehre Gattungen unterschieden. Indem man den Namen *Pterodactylus* nur bei denjenigen Arten beibehielt welche bis an das vordere Ende bezahnte Kiefer, kurzen, beweglichen, gegliederten Schwanz und einen viergliedrigen grossen Finger besassen, nannte man die Arten mit viergliederigem Finger, deren Kiefer in eine zahnlose, mit einem hornigen Schnabel bekleidete Spitze auslaufen und die zugleich einen langen, steifen, stielartigen Schwanz besitzen, *Rhamphorhynchus*. Alle waren kleine Thiere, von der Grösse eines Sperlings bis zu der einer Schnepfe.

Fig. 404.

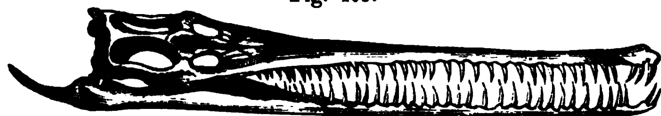


Pterodactylus crassirostris. Restauration eines fast vollständigen Skelettes aus den Pappenheimer lithographischen Schiefern.

Die allgemeine Meinung der Naturforscher, die früher zwischen Säugethier, Vogel und Reptil schwankte, scheint jetzt definitiv dahin festgestellt, dass die Pterodactylen fliegende Reptilien gewesen seien. Die Reptiliennatur steht sicher fest; gegen das Fliegen aber sprechen noch immer sehr gewichtige, aus der Organisation des Knochensystemes abgeleitete Gründe.

In den jurassischen Gebilden, vom Lias an aufwärts, finden sich eine grosse Menge crocodilartiger Reptilien, von denen einige den ächten Crocodilen gleichen, die meisten aber durch ihre ungemein lange, gestreckte Schnauze und die gekrümmten Hakenzähne den Crocodilen des Ganges, den Gavialen, sich anschliessen. Indess unterscheiden sich diese Teleosaurier durch mehre Charaktere von den Gavialen, mit denen sie namentlich in der Form des Kopfes und der Kiefer übereinkommen. Sie haben fischähnliche Wirbel, entweder mit doppelt ausgehöhlten Gelenkflächen, oder mit einer ebenen und einer hohlen Fläche, während die ächten Gaviale Wirbel mit Gelenkköpfen und Gelenkpfannen haben. Ihre Hautbedeckung bestand aus sehr dicken, knochenartigen Platten, der Schwanz war seitlich zusammengedrückt und offenbar ein sehr mächtiges Ruderorgan. Die Lage der Gaumen-Nasenöffnungen lag bedeutend mehr nach vorn, als bei den Gavialen. Man hat unter diesen Teleosauriern nicht nur eine Menge Arten, sondern auch fast ebenso viele Geschlechter als Arten unterschieden, die wahrscheinlich durch genauere und häufigere Vergleichung wieder zum grössten Theile eingehen dürften. Die Mystriosauren unterscheiden sich vom eigentlichen Teleosaurus durch weit zahlreichere Zähne, schmaleren Schädel und ganz nach oben gerichtete Augenhöhlen. §. 628.

Fig. 405.



Mystriosaurus Tiedemanni. Aus dem Lias.

Die Wälderformation birgt ausser vielen Schildkrötenresten auch die Knochen und Zähne mehrer gigantischer Eidechsen, welche eine Länge von 30 bis 40 Fuss erreichten und durch die Structur ihrer kurzen, starken Füsse, ihrer Wirbelsäule und ihrer Knochen sich als Landbewohner zu erkennen geben. Die Zähne dieser Eidechsen stehen in getrennten Alveolen auf besonderen Sockeln; die Knochen haben eine feste äussere Lage und eine innere Markhöhle, wie bei den Säugethieren, denen auch das Becken dieser Grossechsen (*Dinosauria*) gleicht. Hierher gehören namentlich der Megalosaurus mit grossen, hakenförmigen, plattgedrückten und zweischneidigen Zähnen, deren Ränder scharf gezähnelt sind, und die Iguanodonten, bei deren Zähnen, Fig. 406 a. f. S., auf einer schmalen Wurzel, die innerlich mit dem Kiefer verwachsen ist, eine breite, platte, unregelmässige Krone aufsitzt, deren zweischneidige Ränder gezähnelt sind, während die Zähne selbst sich in der Fläche gefältelt zeigen. Der Zahnschmelz findet sich nur auf der äusseren Seite der Zähne dieser furchtbaren Eidechse, die wohl §. 629.

mehr als 40 Fuss Länge erreichte. Auch bei der Abnutzung erhielt sich demnach die Schneide der Zähne vollkommen, und es ist deshalb, sowie bei der grossen Aehnlichkeit der Zähne mit denjenigen des Leguans, der sich von Blättern nährt, wahrscheinlich, dass das Thier ebenfalls pflanzenfressend war.

Fig. 406



Zahn von *Iguanodon Mantelli.*

§. 630. Zu den merkwürdigsten Fossilien des Jurakalkes gehören die berühmten Säugethiere von Stonesfield, von welchen bis jetzt nur die Kiefer bekannt sind. Die Gegenwart von Säugethieren in jurassischen Schichten war allerdings äusserst auffallend, und man suchte alle möglichen Ausflüchte, indem man einerseits diese Kiefer Reptilien und nicht Säugethieren zuschreiben wollte, oder andererseits die Schiefer von Stonesfield den tertiären Schichten beigesellen zu können glaubte. Beide Ansichten sind zur Genüge wiederlegt, und die verschiedenen Kiefer, die man gefunden, unter zwei Geschlechtern in drei Arten getheilt worden. Aus der Aehnlichkeit des Zahnbaues mit einigen Beutelthieren hat man geschlossen, dass diese ersten Säugethiere ebenfalls Beutelthiere gewesen seien, und zwar den fleischfressenden Beutelthieren angehört haben. Owen unterscheidet zwei Geschlechter, von welchen das eine, *Thylacotherium*, Fig. 407, sechs von einander getrennte Schneidezähne, einen mittelmässig grossen Reisszahn, sechs falsche und sechs wahre dreispitzige Backenzähne in der unteren Kinnlade hatte, mithin eine grössere Anzahl von Backenzähnen, als irgend ein anderes bekanntes Säugethier, während das andere, *Phascolotherium*, Fig. 408,

Fig. 407.



Unterkiefer von *Thylacotherium Prevosti.*

nur drei falsche und vier wahre Backenzähne besass. So gewiss indess durch die doppelten Wurzeln der Zähne, die Form des Gelenkkopfes

Fig. 408.



Phascolotherium Bucklandi. Aus den Schiefern von Stonesfield.

des Unterkiefers und die verschiedene Gestalt der Zähne unter sich die Natur dieser Kinnladen festgestellt ist, so lässt sich doch hinwiederum nicht verkennen, dass die grosse Zahl von Backenzähnen, die gleichmässige Entfernung der Zähne unter sich und die einander so ähnliche Gestalt der einzelnen Arten von Zähnen entfernte Aehnlichkeiten mit den Reptilien bieten.

8. Die Kreide.

(*Formation cretacée; Chalk.*)

Ueber die Grenzen der Kreideformation nach oben und unten herr- §. 631.
schen noch mancherlei Zweifel, wenn auch im Allgemeinen die Stellung der einzelnen Glieder des Gebildes selbst vollkommen klar ist. Es wurde schon oben angeführt, dass das Wäldergebilde Englands und Norddeutschlands von den Einen zu der Kreide, von den Anderen hingegen zu dem Jura gerechnet wird. In ähnlicher Weise findet sich an der oberen Grenze, zwischen den charakterisirten Tertiärgebilden und der weissen Kreide, eine Gruppe von Schichten, welche man bald ihrer Lagerung nach zu den Tertiärgebilden, bald ihrem Inhalte an Versteinerungen nach zu der Kreide gerechnet hat, und über welche die Discussion noch immer offen steht. Die Entscheidung ist besonders deshalb schwierig, weil die gleichzeitigen Kreideablagerungen in verschiedenen Ländern ausserordentlich verschiedene mineralogische und paläontologische Charaktere zeigen, so dass es schwer hält, allgemeine Typen aufzustellen. Der Geologe, welcher die Kreidegebilde Englands, Nordfrankreichs, Westphalens, der dänischen und deutschen Inseln kennt und gewöhnt ist, sandige Schichten und leicht zerreibliche Kreidemassen mit Feuersteinbetten anzutreffen, wird erst nach längerem Studium die massiven Kalk- und Schiefergebirge Südfrankreichs, Italiens und der Schweiz, oder das Quadersandsteingebirge Sachsens als zu demselben Systeme gehörend anerkennen, und sicher würde die Be-

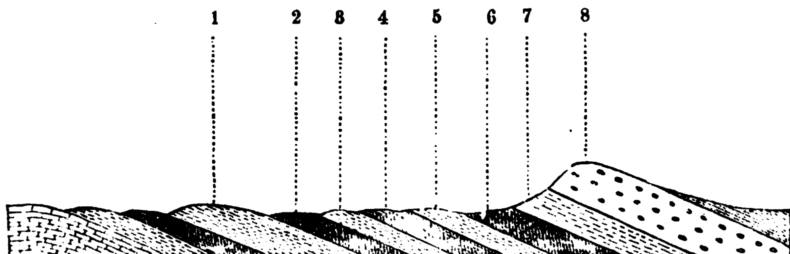
nennung der Kreide selbst, die von der auf einen verhältnissmässig geringen Raum beschränkten weissen Schreibkreide entnommen ist, niemals zur Bezeichnung des ganzen Systemes aufgekommen sein, wenn die Geologie in der Umgegend von Rom, Genf oder Marseille, statt zwischen Paris, London und Berlin sich entwickelt hätte. Man hat vielfach versucht, andere Bezeichnungen aufzustellen, die indessen an demselben Fehler der localen Beschränktheit leiden, und vielleicht in noch höherem Maasse gelten; weshalb wir denn auch die Benennung der Kreide für das ganze System beibehalten und dasselbe hier nach geographischer Grenze beschreiben, die wir so nehmen, dass ähnliche Ausbildung innerhalb dieser Grenzen sich findet. Die Arbeiten der englischen Geologen haben zuerst die Aufeinanderfolge der Schichten kennen gelehrt, so dass lange Zeit die dort aufgestellten Unterabtheilungen als Muster gelten konnten. In der neueren Zeit dagegen ist die genauere Charakterisirung der einzelnen Schichten mehr von Frankreich ausgegangen, obgleich hier eine zu weit getriebene Zerspaltung vielleicht später wieder eine Reduction der jetzt angenommenen Stockwerke herbeiführen dürfte.

Kreide in England.

§. 632. Die Gebilde der Kreide lehnen sich in England überall nach Osten hin auf das breite jurassische Band auf, welches, fast gerade von Süd nach Nord sich hinziehend, die Insel in zwei gleiche Hälften spaltet. Durch die Ueberdeckung mit Tertiärschichten wird indess das Kreideband an einigen Orten unterbrochen, so dass im Norden in der Nähe von Kingston ein isolirtes Band sich hinzieht, welches durch den Meerbusen des Humber von der südlichen Kreide Englands getrennt wird, die sich in langem Zuge gegen die Insel Portland hinzieht und einen Arm nach Osten hinsendet, der das Wäldergebilde von beiden Seiten her umfasst und in der Gegend von Brighton und Dover die Küste des Canals erreicht. Ebenso ist die Südspitze der Insel Wight aus Kreide gebildet, die nach Norden hin von tertiären Schichten bedeckt wird, sowie auch das ganze Tertiärbecken von London nach Osten hin auf dem Kreidegürtel aufruht. Das Wäldergebilde stellt, wie schon bemerkt, eine domförmige Erhebung dar, die zwischen den Kreideschichten hervortaucht, so dass im Umfange dieser inselartigen Erhebung die Kreideschichten nach allen Seiten hin abfallen. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass die Kreide einst diese ganze Insel überdeckte, dass aber durch eine spätere Denudation die oberen Schichten abgehoben wurden und dadurch das Wäldergebilde zu Tage kam.

Man hat das Kreidegebilde im Ganzen in England in folgende Abtheilungen zerlegt. §. 633.

Fig. 409.



Idealer Durchschnitt der Kreideschichten in England.

1 *Lower Greensand.* 2 *Speeton-clay.* 3 *Shanklin-sands.* 4 *Gault.* 5 *Upper Greensand.* 6 *Chalk-marl.* 7 *Lower (grey) chalk.* 8 *Upper chalk with flints.*

Unmittelbar auf den jurassischen Schichten oder auf dem Hastingssande des Wäldergebirges ruht der untere Grünsand (*Lower Greensand*), der dem Neocomien oder vielleicht auch den Apt-Mergeln des Festlandes entspricht. Im Allgemeinen ist dieser Grünsand ein feiner, bald loser, bald zusammengekitteter Quarzsand, der eine Menge grüner Körner enthält, welche ihm eine charakteristische Farbe verleihen. Die losen Sandschichten zeigen öfters braune und rothe Färbungen; zuweilen bilden sich Kalkknoten und unreine Kalkschichten, namentlich in den unteren Schichten. Die mittleren Bänke werden öfter thonig, die oberen eisenhaltig. Die mineralogische Aehnlichkeit mit dem Hastingssande ist demnach zuweilen sehr gross; die Unterscheidung aber stets leicht, da keine Süsswassermuscheln in ihm vorkommen, sondern die Versteinerungen, welche zahlreicher in ihm sind, als in allen übrigen Abtheilungen, alle dem Meere angehören. Wir nennen unter diesen Versteinerungen als besonders bezeichnend *Perna Mulleti*, *Terebratula oblonga* und *Toxaster complanatus*, welche auch sonst überall in den Neocomienbildungen vorkommen. Es findet sich dieser untere Grünsand besonders ausgezeichnet in der Nähe von Folkstone, unmittelbar auf dem Wäldergebilde, wo er aus drei Stockwerken besteht, von welchen das untere unmittelbar auf dem Wälderthone aufruht. Das untere Stockwerk besteht hier meistens aus festen Kalkbänken, welche oft einen glänzenden Bruch haben und häufig gar keine Quarzkörner oder grüne Körner enthalten. Gewöhnlich ist der Kalk in grossen platten blauen Knollen darin enthalten. Die Schichten sind unter dem Namen *Kentish rag* in der Grafschaft Kent bekannt und werden zur Gewinnung von Kalk ausgebeutet; sie bilden eine Art vorspringender Bande im Umkreis des Wälderthongebietes. Das zweite Stockwerk enthält viele

grüne Körner und ist thoniger Natur, so dass es das Wasser zurückhält und ausgedehnte sumpfige Stellen bildet. Das oberste Stockwerk endlich besteht meistens aus weissem, gelblichem oder eisenhaltigem Sand mit Kiesel und Kalkknollen, die Stücke versteinerten Holzes enthalten. Auf der Insel Wight zeigt sich der untere Grünsand in zwei Bändern, die an einigen Stellen in das Meer hineinragen und er besteht dort hauptsächlich aus grünem Thonsande, an dessen Basis oft noch blaue oder graue harte Mergel sich finden, die in Kent fehlen, während hier hingegen die kalkigen Bänke abgehen. In den oberen Schichten findet sich dagegen viel Eisen, das zuweilen ganze Knollen bildet.

In Yorkshire scheint diese ganze Bildung des unteren Grünsandes durch einen eigenthümlichen dunklen schiefrigen Thon ersetzt, welchen man den Speetonthon genannt hat. Dieser Thon enthält Nester von härteren Thongallen und Eisenknollen, Adern von Gyps, Schwefelkies und Kalkspath und zeigt zahlreiche Fossilien, welche theils dem eigentlichen Neocomiengebilde, theils auch den höher liegenden Schichten des Gault entsprechen.

§. 634. Ueber dem unteren Grünsande, der zuweilen eine Mächtigkeit von mehr als 200 Metern erreicht, findet sich fast stets eine besondere, oft nur sehr dünne höchstens 45 Meter Mächtigkeit erreichende Schicht eines Mergels von blauer oder grauer Farbe, der gewöhnlich sehr rauh ist, sich in dünne Schichten blättert und häufig vielen Glimmer enthält, wodurch er seifig und kurz wird. An anderen Stellen findet sich statt dessen ein plastischer, feiner, blaugrauer Thon, der zur Töpferei verarbeitet wird, zuweilen Knollen von Eisenkies und Kalk enthält. An anderen Orten enthalten diese Knollen vielen phosphorsauren Kalk, so dass sie wahrscheinlich aus Coprolithen entstanden sind. Man hat diese Abtheilung, unter deren charakteristischen Versteinerungen *Hamites attenuatus*, *Rostellaria Parkinsoni* und *Trigonia aliformis* zu nennen sind, mit dem Provinzialnamen des Gault bezeichnet. An einigen Orten findet sich an der Basis dieses Thones eine Schicht grünlichen Sandes, welchen man unter dem Namen des Shanklinsandes unterschieden hat. In Norfolk, wo der eigentliche Gault überall fehlt, zeigt sich an seiner Stelle in einer Länge von etwa 40 Stunden eine sehr beständige Schicht, die höchstens zwei Meter Mächtigkeit hat und aus einem rothen Kreidemergel besteht, welcher äussert wenige Fossilien enthält, unter diesen aber den *Belemnites minimus*, der überall in dem Gault vorkommt. Es scheint demnach dieser rothe Kreidemergel den eigentlichen Gault an den genannten Orten zu vertreten.

§. 635. Als dritte Gruppe unterscheidet man den oberen Grünsand (*Upper Greensand*), der eine ausserordentliche Menge dunkelgrüner Körner enthält und ausserdem an vielen Orten einen so bedeutenden Gehalt von phosphorsaurem Kalke zeigt, dass er besonders als Düngmittel zur Verbesserung der unteren mergeligen Schichten benutzt wird. Ge-

wöhnlich ist es ein mergeliger zerreiblicher Sand, in welchem sich eine Menge von Röhren finden, welche mit grüner Materie ausgefüllt sind. An manchen Stellen wird dieser Sand fest, thonig und kieselig und wird dann gewöhnlich als feuerfeste Masse unter dem Namen *Fire-stone* ausgebeutet. An anderen Orten bildet er ein wahres Conglomerat von Kieselknollen und Knoten, die besonders auf der Insel Wight ungemein viel phosphorsauren Kalk enthalten. Nach oben hin, wo sich dieser Grünsand der chloritischen Kreide nähert, wird er dieser mehr ähnlich, so dass an vielen Orten sich keine genaue Scheidung erkennen lässt. *Gryphaea vesiculosa*, *Ammonites rhotomagensis*, *Holaster truncatus* scheinen die charakteristischen Versteinerungen dieses oberen Grünsandes zu sein.

Ueber diesen unteren Sand-, Thon- und Mergelschichten folgen §. 636.
nun die Massen der eigentlichen Kreide, deren Zerfällung in einzelne Stockwerke um so schwieriger erscheint, als meistens die Schichtung sehr undeutlich ist und die mineralogischen Charaktere nur allmälig und zwar in solcher Weise in einander übergehen, dass keine bestimmte Grenze gelegt werden kann. Unmittelbar auf dem oberen Grünsande liegen gewöhnlich bläuliche Mergelschichten, die aber einen bedeutenden Kalkgehalt besitzen und deshalb mit Säuren stark aufbrausen. Diese Kreidemergel (*chalk-marl*) wechseln oft mit reineren Kreidebänken ab und enthalten zuweilen unreine, schwammige, halbfeste Kieselconcretionen, die man mit dem Namen *Cherts* bezeichnet hat.

Nach oben gehen diese Kreidemergel in eine reinere, gewöhnlich hellgraue Kreide über, die oft sehr fest und hart ist und zuweilen vielen Kieselstoff enthält, der aber in der ganzen Masse vertheilt ist und keine Concretionen oder Feuersteine bildet. Man hat diese Kreide, die gewöhnlich sehr reich an Fossilien ist und oft auch Kohlenschmitzen oder Lager verkohlten Holzes enthält, unter dem Namen der grauen Kreide (*grey chalk*) bezeichnet. Obgleich sie ganz allmälig in die obere weisse Kreide übergeht, so steht sie doch in Hinsicht auf ihre Petrefacten dem Kreidemergel weit näher, indem sie wie dieser eine grosse Menge von Ammoniten und andere Cephalopoden enthält, welche der weissen Kreide gänzlich abgehen.

Die weisse Kreide endlich bildet jenen bekannten mürben §. 637.
Kalkniederschlag, der mehr oder weniger mit feinen Kieseltheilen gemengt ist, die man leicht durch Auswaschen des Pulvers entfernen kann, wo dann der fast reine, kohlensaure Kalk übrig bleibt. Je tauglicher die Kreide zum Schreiben ist, desto weniger solcher Kieseltheilchen enthält sie. Im Grossen betrachtet, erscheint sie meist nur sehr undeutlich geschichtet, und wahre Schichtflächen beobachtet man fast gar nicht; wohl aber wird die Schichtung oft sehr deutlich hervorgehoben durch die regelmässigen Lager von Feuersteinen, die besonders in den oberen Schichten der weissen Kreide in sehr bedeutenden Mas-

sen auftreten. Diese Feuersteinbildungen in der Kreide haben stets die Aufmerksamkeit der Geologen auf sich gezogen, und ihre Anordnung, Form und Vertheilung bieten oft wesentliche Charaktere und Anhaltspunkte zur Unterscheidung der Schichten in besonderen localen Verhältnissen.

Die Feuersteine erscheinen meist in mehr oder minder rundlichen Formen, zuweilen abgeplattet in der Schichtungsebene und öfters durch kleine Gänge und Fäden mit einander verbunden. Je fester und homogener sie sind, um so mehr ist auch die Kreide selbst tauglicher zum Schreiben und freier von Kieseltheilchen; während da, wo nur unvollkommene Kieselbildung herrscht, die Kieseltheilchen in der Masse zertheilt bleiben und dieser eine gewisse Rauhigkeit verleihen. Meistens sind die inneren Höhlungen der Versteinerungen, besonders der Seeigel, mit Feuersteinkernen erfüllt und überhaupt bemerkt man überall, dass organische Körper, welche in den Kreideschichten begraben wurden, Anhaltspunkte für die Kieselbildung abgeben. Meist erfüllen die Feuersteine nur die Höhlungen; oft aber ist die Kieselmasse auch in die Schale selbst eingedrungen und hat den Kalk derselben nach und nach verdrängt. Das ganze Verhalten der Feuersteine deutet demnach darauf hin, dass ihre rundliche Form nicht, wie bei den Rollsteinen, auf mechanischen Ursachen beruhe, sondern dass sie gleichsam Centren bildeten, um welche sich die Kieselmasse ansammelte, und dass diese Ansammlungen namentlich statthatten während des Absatzes der Kreide und so lange diese noch im Zustande feinen Schlammes auf dem Grunde der Gewässer sich befand.

§. 638. Die neueren Untersuchungen über die mikroskopische Zusammensetzung der Kreideablagerungen erklären diese Erscheinungen auf die befriedigendste Weise. Es kann nämlich jetzt als vollkommen erwiesene Thatsache hingestellt werden, dass die Kreide, obwohl fast chemisch reiner, kohlensauer Kalk, dennoch kein chemischer Niederschlag ist, wie man früher glaubte, sondern nur eine Sammlung von ungeheuren Mengen mikroskopischer Thierchen, deren Schalen aus kohlensaurem Kalke bestehen, und die man früher höchst irriger Weise den Cephalopoden zuzählte. Die Polythalamien oder Rhizopoden, deren unendliche Mengen so gewaltige Ablagerungen bildeten, lebten aber gemeinschaftlich mit einer Menge von Infusorien, und namentlich von Infusionspflanzen aus den Familien der Bacillarien und Desmidiaceen, die harte Kieselpanzer trugen, und in der That erscheinen die Feuersteine aus den Panzern solcher Infusorien zusammengesetzt. Die sogenannten Kieselguhre oder Tripelerden sind fast reine Ablagerungen von ungeheuren Mengen solcher Infusionspflanzen mit Kieselhüllen. In der harten Kreide, die zum Schreiben untauglich ist, finden sich diese Kieselpanzer unregelmässig gemischt mit den Polythalamien, während da, wo die Feuersteinbildung ihre relative Vollkommenheit erlangt

sich gleich und gleich zu einander gesellt hat, wie man dies meist in Ablagerungen solcher kleiner Wesen findet. Die Ausfüllung der Versteinerungen erklärt sich auf das Ungezwungenste aus der Vegetation dieser Bacillarien, die gewöhnlich auf faulenden organischen Stoffen, als Ueberzug der unter Wasser liegenden Körper sich finden.

Diese Gruppirung der Kieselmasse ist indess nicht einzig durch die gesellschaftliche Vegetation dieser mikroskopischen Pflänzchen bedingt, obgleich diese grösstentheils den Anstoss zur Bildung der Anziehungspunkte gegeben haben mag. Man hat beobachtet, dass selbst in feuchten Gemengen von feingepulvertem Thon und Kiesel, welche als Teig zu Porcellan benutzt werden, eine solche moleculare Anziehung eintrat, dass nach Jahren der ursprünglich durchaus gleichförmige Teig knotig und ungleich war, indem die Kieseltheilchen sich zu einzelnen Haufen gruppirt hatten, und in den grossen Porcellanfabriken ist es jetzt bekannt, dass solche Kieselthonteige nie lange aufbewahrt werden dürfen, wenn sie nicht in ihrer gleichförmigen Mischung leiden sollen. Die moleculare Anziehung zwischen den Panzern der todten Infusorien, die hier gleichsam die Atome der Kieselerde darstellen, ist demnach genügend dargethan, und weit entfernt, die Kieselbildung als etwas Auffallendes betrachten zu müssen, scheint vielmehr die Zerstreuung der Kieseltheilchen in den Kieselguhren und in der mergeligen und grauen Kreide der Erklärung zu bedürfen. Auch die kreidige Form des kohlensauren Kalkes scheint mit der Kieselbildung in Beziehung zu stehen, denn sie tritt überall mit dieser vergesellschaftet auf, auch in anderen Formationen. Der feste Jurakalk ist fast ebenso reiner, kohlensaurer Kalk, als die zerreibliche Kreide; ihr äusseres Verhalten nur ist sehr verschieden; sobald aber im Jura Kieselbildung auftritt, wie dies im Coralrag und im Portlandkalke nicht selten ist, so wird auch das Gestein selbst erdig, weiss und in seinem ganzen äusseren Verhalten der Kreide so ähnlich, dass es früher zuweilen dafür gehalten wurde.

Kreide in Belgien, Westphalen und an der Ostsee.

Bei der grossen Ausdehnung der Kreidegebilde auf dem Continente §. 639. ist es nöthig, einzelne geographische Abtheilungen zu machen, durch welche wir nach und nach von den in England bezeichneten Typen zu anderen Bildungen übergeleitet werden. Die Kreidebildungen von Belgien, welche sich im Norden der Ardennen, dem Kohlenzuge folgend, über Aachen hinaus längs der Ruhr nach Osten fortziehen und bis über den Teutoburger Wald hinaus sich verfolgen lassen, bieten im Ganzen eine Art von Becken dar, dessen Erstreckung durch die Anschwemmungen des Rheines überdeckt ist und das, weiter nach Norden durch die

Tertiärablagerung des nördlichen Deutschlands bedeckt, an einzelnen Orten, wie an den dänischen Inseln, auf der Insel Rügen u. s. w. wieder hervortritt. Von dem nordfranzösischen Becken ist das belgische durch eine anticlinale Linie getrennt, welche sich in der Fortsetzung der Ardennen gegen Boulogne hin erstreckt und mit Erhebung des Wäldergebirges und dem Flecken jurassischer Gesteine bei Boulogne selbst dieselbe Ursache gemein hat. Ausgezeichnet ist das belgische Becken mit seiner nördlichen Erstreckung besonders dadurch, dass in ihm höhere Kreideschichten entwickelt sind, als die in England vorkommenden, so dass hier sich zwischen die weisse Kreide und die unteren Tertiärgebilde noch besondere Formationen einschieben, die aber freilich noch, wie die Mastrichter Kreidetuffe, der weissen Kreide zugezählt werden müssen.

§. 640. In der Umgegend von Aachen sind die einzelnen Schichten des belgischen Beckens am ausgiebigsten entwickelt und bieten hier von unten nach oben folgende Lager dar.

Unmittelbar auf den Uebergangsgebilden ruhen dunkle Thone, welche in der Gegend von Aachen mit dem Namen **Baggert** bezeichnet werden und die zahllose Ueberreste von Meer- und Landpflanzen enthalten, welche theilweise verkohlt, theilweise sehr wohl erhalten sind. Mit diesen Thonen wechseln Lager von Sand oder Sandsteinen ab, welche weisslich oder eisenhaltig sind und zuweilen ebenfalls Pflanzenabdrücke enthalten. Nach oben hin werden diese Sandsteine allmälig mächtiger und verdrängen nach und nach gänzlich die untergeordneten kohligen Thonlager.

Als zweite Schichtengruppe folgen **Sandlager** von grüngelblicher Farbe und feinem Korn, die zuweilen Kalkknollen enthalten oder auch zu festerem Sandsteine sich ballen; die Fossilien finden sich entweder als Kerne oder in Hornstein verwandelt. Nach oben geht dieser Sand in weissgraue oder grünliche glimmerhaltige Sandsteine mit erdigem Bruch über, die leicht zerfallen und die eine Menge zusammengewickelter Röhren enthalten, weshalb man diesen Sand auch den **Gyrolithensand** genannt hat. In dieser unteren Abtheilung des Aachener Gebildes finden sich gar keine Armfüssler, dagegen *Spatangus bufo*, *Pecten quadricostatus* und ähnliche Versteinerungen, welche sie mit den Kreidemergeln von Westphalen oder den oberen Quadermergeln Sachsens identificiren.

Die eigentliche **weisse Kreide** beginnt bei Aachen mit chloritischer Kreide, über welcher lichte, grauweisse oder ganz weisse Kreidemergel folgen, die in ihren unteren Theilen keine Feuersteine enthalten, während in den oberen Schichten dieselben reichlich vorkommen. Die chloritische Kreide wird oft so sandig, dass sie dem Grünsande vollkommen ähnlich ist. Die Flintensteine der weissen Kreide selbst

sind meistens schwarz und die meisten Versteinerungen kommen in den Mergeln unter den Flintensteinlagern vor.

Ueber dieser weissen Kreide, welche begreiflicher Weise derjenigen Englands vollkommen entspricht, findet sich nun noch eine Gruppe von Schichten, welche am Cusberg aus schmutzig grünen Sandlagern besteht, die in eine compacte Breccie übergehen, welche eine Menge kleinerer und grösserer Rollsteine, Haifischzähne, Reptilienüberreste und Schwämme enthält und so sich als eine Strandbildung zu erkennen giebt. Besonders bezeichnend sind in dieser Breccie die Zähne der grossen Eidechse, deren vollständigere Ueberreste im Mastrichter Berge gefunden worden sind. An anderen Orten, wie namentlich bei Fetschau, finden sich Mergel mit cylindrischen Stämmen und darüber Schichten so angefüllt mit Polypen, dass man sie als Korallenkalke bezeichnen konnte. An anderen Orten wieder zeigen sich Lager von Hornsteinen, die indessen durch Fluthen aus ihrer ursprünglichen Lagerung gerissen scheinen. Es entsprechen diese oberen Schichten offenbar der Kreide des Maasbeckens, welche besonders in dem Petersberge bei Mastricht entwickelt ist und die eine gelbliche erdige Masse bildet, in welcher kleine Lager schwarzer Flintensteine verbreitet sind. Diese Flintensteine werden nach oben sehr selten, während zugleich der gelbe Kreidemergel eine mehr sandige Beschaffenheit annimmt. Es ist diese Schicht ausserordentlich reich an Fossilien aller Art, die indess theilweise noch genauere Bestimmungen erwarten.

Verfolgt man die Kreideschichten weiter nach Osten hin in West- §. 641.
phalen hinein, so finden sich, namentlich am Teutoburger Walde, dessen Kern aus domförmig emporgehobenen Schichten von Muschelkalk besteht, die einzelnen Stockwerke der Kreide deutlich ausgebildet. Unmittelbar auf dem Wälderthone, der in dieser Gegend überall vorhanden ist und zuweilen bedeutende Kohlenflötze enthält, liegt das unterste Glied der Kreideformation, welches entweder in Gestalt eines gelblichen oder braunen Sandsteines, der mächtige Bänke und bedeutende Höhen bildet, oder auch in Gestalt eines schwarzen thonigen Gesteines mit Eisennieren ausgebildet ist. An einigen Orten gehen diese Mergel oder Sandsteine in gelblich graue, sandige Kalksteine über. An allen Orten aber enthalten sie Versteinerungen, welche wie *Exogyra sinuata*, *Thracia Philippsi*, *Belemnites subquadratus*, *Perna Mulleti*, *Toxaster complanatus* den unteren Grünsand oder das Neocomien charakterisiren. Der Typus für das norddeutsche Vorkommen dieser untersten Kreidebildung liefert die Hilsmulde im Hannoverschen; wonach denn auch der Name des Hilsgebildes oder Hilsthones für diese untersten Glieder des Kreidesystemes in Deutschland gebräuchlich geworden ist.

Ueber dem Hilsgebilde hat man an einer einzigen Stelle im Bette der Ems nahe bei Rheine eine nur wenig mächtige Schicht eines wei-

chen Gesteines aufgefunden, welches dem Grünsand ähnlich sieht und aus losen zusammengebackenen Quarzkörnern mit eingestreuten grünen Körnern zusammengesetzt ist. *Ammonites interruptus*, den man in dieser Bank gefunden, lässt keinen Zweifel darüber, dass hier wahrhaft ein Analogon des Gault existire, von welchem sonst in Deutschland noch keine Spur gefunden worden ist. An den meisten übrigen Stellen folgen unmittelbar auf das Hilsgebilde eigenthümlich thonig kalkige grüne Gesteine, mit dunkleren Streifen und Schmitzen, die viele Kieseltheile enthalten, häufig mit Lagern eines porösen, rauhen, löcherigen Hornsteines wechseln, die man mit dem Namen der Flammenmergel bezeichnet hat. Es enthalten diese Schichten nur sehr wenige Versteinerungen, sie scheinen indess ihrer Lage nach der Kreidegruppe über dem Gault zu entsprechen.

Als letztes Glied der Kreideformation erscheint ein dünngeschichteter, meistens durch schief gegen die Schichtenfläche gerichtete Absonderungen in flach nierenförmige Stücke getheilter weisser Kalkstein, der einerseits zuweilen, besonders in seinen unteren Schichten, durch Aufnahme von Thon mergelig und locker wird, und dann auch viele Versteinerungen enthält, andererseits, besonders in seinen höheren Schichten, Kiesel aufnimmt, dann sehr fest und splitterig wird und nur wenige Fossilien enthält. Die unteren Mergel werden oft blaugrau und setzen zuweilen so scharf gegen den weissen Kalk ab, dass man an eine Trennung in zwei Stockwerke glauben könnte. *Micraster bufo*, *Ammonites varians*, *Inoceramus mityloides* bezeichnen diese weissen Kalksteine mit vollkommener Sicherheit als Analoga des Plänerkalkes in Sachsen.

§. 642. An den Inseln der Ostsee, Moen, Rügen u. s. w. ist es hauptsächlich die weisse Kreide mit Feuersteinen, die ganz in der Art, wie an der englischen Küste in Form senkrechter Klippenabstürze über das Meer sich emporhebt. Auf den ersteren, Moen, Faxoe, findet sich als oberstes Glied, den Mastrichter Kreidetuffen und den oberen Schichten bei Aachen entsprechend, der sogenannte Faxoekalk, ein harter, gelber, meist aus Korallen zusammengesetzter Kalkstein, der unter anderen Versteinerungen auch den *Nautilus danicus* enthält, welcher auch in dem *Calcaire pisolitique* des Pariser Beckens vorkommt und hauptsächlich den Grund zur Vereinigung dieses Kalkes mit dem Faxoekalk abgab. Da aber der Faxoekalk ausserdem nur Kreide-Versteinerungen in grosser Anzahl enthält, die mit denen des Mastrichter Kreidetuffes identisch sind, so lässt sich auch die Abtrennung des Faxoekalkes von der weissen Kreide nicht durchführen. Zwischen dem Faxoekalke und der eigentlichen weissen Kreide mit Feuersteinen liegt noch der sogenannte Limsteen, weisser grobkörniger, aus Korallenbruchstücken bestehender, wellenförmig gebogener, geschichteter Kalk, so dass demnach auf den

dänischen Inseln die weisse Kreide aus drei Schichtgruppen zusammengesetzt ist, Kreide mit Feuersteinen, Limsteen und Faxoekalk.

Kreide in Sachsen und Böhmen.

Dem Laufe der Elbe und Eger entlang findet sich eine Art von Bucht des Kreidemeeres, innerhalb welcher die Schichten in einer höchst eigenthümlichen Weise modificirt sind. Die Hauptmasse dieses Gebildes wird von den Quadersandsteinen ausgemacht, feinkörnigen, gelbbraunen, grauen oder weissen Sandsteinen, die nicht nur regelmässig geschichtet sind, sondern sich auch senkrecht auf die Schichtflächen zerklüften, weshalb man sie mit dem Namen Quadersandsteine belegt hat. Es bilden diese Sandsteine, deren zerrissene Massen noch weiter ausgewaschen und zernagt sind, die seltsamen Felsgruppen und malerischen Thäler der sächsischen Schweiz, die eigentlich nur ein einziges Hochplateau darstellt, das mehr oder minder tief durch Erosionsthäler mit senkrechten Wänden durchschnitten ist. Neben diesen Sandsteinen kommen noch vielfache Mergelbildungen und dann ein besonderer mergeliger Kalk vor, der in dünne schiefrige Platten springt und den Namen des Plänerkalkes erhalten hat. §. 643.

In Böhmen zeigen sich in dieser Kreidebildung folgende speciellere Glieder. Der untere Quadersandstein, der am weitesten verbreitet ist und meist unmittelbar auf den krystallinischen und silurischen Gebilden Böhmens aufruht, hat wohl eine Mächtigkeit von 500 Metern und besteht in seinen unteren Lagern aus kieseligen Sandsteinen mit thonigem Bindemittel, die in allen Nüancen von weiss bis braun spielen, bei zunehmendem Thone und Glimmer schiefrig werden, zuweilen Thongallen, aber niemals Kalk enthalten. Es zerklüftet sich dieser Sandstein in groben Quadern, und während er an der Basis gewöhnlich ein mehr grobkörniges Conglomerat darstellt, wird er nach oben meist feinkörniger.

Hier hat man als besondere Schicht unter dem Namen des Exogyrensandsteines lichtgraue, sehr feine und feste, in dünnen Platten abgelagerte Sandsteine unterschieden, deren Cement aus krystallinischem Kalke besteht. Ueber diesem Exogyrensandsteine folgt grüner plattenförmiger Sandstein, der wieder nur wenig Kalk enthält, in dem sich aber Zwischenlager von grauem krystallinischen Kalke finden.

Unter dem Namen des Plänersandsteines hat man einen sehr constanten Horizont fester, dünnschiefriger, mergeliger Sandsteine unterschieden, die vielen Kalk enthalten, in feine Platten springen und eine gelbliche oder bläuliche Farbe besitzen. An einigen Orten wird dieser Sandstein von einer höchstens einen Meter mächtigen sandigen Kalkschicht gekrönt, welche Hippuriten enthält.

Auf diesen unteren Quader folgt der Horizont des **Pläners**. An seiner Basis finden sich milde, aschgraue oder gelbliche, thonige Kalkmergel, die meist eine schiefrige Structur zeigen und stets Gyps, sowie eine Unzahl kleiner Versteinerungen winziger Schnecken und Rhizopoden enthalten. Diese Plänermergel gehen nach und nach in den mergeligen, thonigen oder krystallinischen **Plänerkalk** über, der in dünnen schiefrigen Platten geschichtet ist, leicht verwittert und viele Spatharten und Eisenkies enthält.

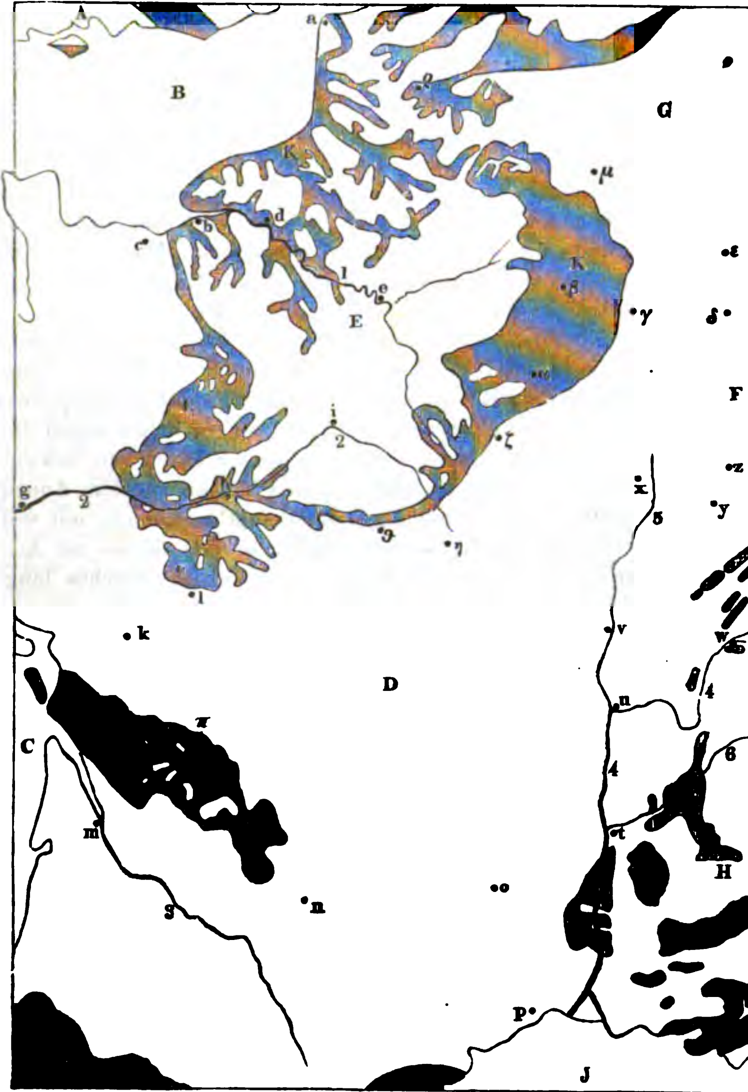
Der Plänerkalk wird wieder gekrönt von Quadersandsteinen, welche man als **oberen Quader** unterschieden hat, dessen mineralogische Beschaffenheit und Versteinerungen aber von dem unteren Quader nicht verschieden sind.

§. 644. In Sachsen und an dem nördlichen Harzrande findet sich eine ähnliche Gruppirung und man hat dort ebenfalls drei Gruppen unterschieden. Die Gruppe des unteren Quaders, die an ihrer Basis aus Sandstein, aus Kalkmergel und dann aus sogenannten Quadermergeln besteht; die Gruppe des Pläners hauptsächlich aus Kalk und Kalkmergeln bestehend; und endlich die Gruppe des oberen Quaders, wieder aus Sandsteinen und Mergeln zusammengesetzt. Hinsichtlich der Parallelisirung dieser Gruppen dürfte jetzt feststehen, dass die Gruppe des unteren Quaders dem oberen Grünsand Englands oder dem Cenomanien d'**Orbigny**'s, der Pläner der grauen Kreide und der obere Quader der weissen Kreide entspricht; dass demnach die unteren Kreideschichten in dem sächsisch-böhmischen Kreidebecken gänzlich fehlen.

Kreide in Frankreich.

§. 645. Betrachtet man die Verbreitung der Kreidegebilde in diesem Lande, so zeigen sich sogleich drei grosse Gruppen, die man als Becken bezeichnen kann. Im Norden sieht man, im Umkreise von Paris, überall Kreideschichten hervortreten, welche einen weiten Kreis um die Hauptstadt bilden, überall nach der Peripherie hin auf den jurassischen oder älteren Schichten auflagern und nach innen hin von den Tertiärgebilden überdeckt werden. Die Erosionen der Flussbetten und des Meeres, sowie besondere partielle Erhebungen an einzelnen Stellen, lassen die Kreide an vielen Orten unter der mächtigen Decke der Tertiärschichten hervortreten und die Lagerung der Schichten, sowie zahlreiche Aufschlüsse durch Bohrversuche lassen keinen Zweifel über, dass das ganze Kreidegebilde eine auf dem Jura auflagernde Mulde bildet, eine flache Schale, in welcher sich die Tertiärschichten später ablagerten. Wir bemerkten schon vorher, dass dieses **nordfranzösische** oder **Pariser Kreidebecken** durch eine anticlinale Linie, die in der Fortsetzung der Ardennen gegen Boulogne hin liege, von dem belgischen

Fig. 410. **Ausbreitung der Kreidegebilde in Frankreich.**



A England. *B* Canal. *C* Ocean. *D* Centralplateau. *E* Pariser Tertiärbecken. *F* Vogesen. *G* Ardennen. *H* Südalpen. *I* Mittelmeer. *K* Kreidebecken von Paris. *L* Kreidebecken der Touraine. *M* der Charente. *N* der Pyrenäen. *O* des Mittelmeeres.
1 Seine 2 Loire. 3 Garonne. 4 Rhône. 5 Saône. 6 Isère.
a Boulogne. *b* Honfleur. *c* Caen. *d* Rouen. *e* Paris. *f* Alençon. *g* Nantes. *h* Blois. *i* Orleans. *k* Niort. *l* Poitiers. *m* Bordeaux. *n* Cahors. *o* Rhodes. *p* Montpellier. *q* Marseille. *r* Gap. *s* Grenoble. *t* Valence. *u* Lyon. *v* Mâcon. *w* Genf. *x* Dijon. *y* Besançon *z* Vésoul. *α* Troyes. *β* Châlons. *γ* Bar-le-Duc. *δ* Nancy. *ε* Metz. *ζ* Auxerre. *η* Nevers. *ϑ* Bourges. *μ* Meziers. *π* Angoulème. *ϱ* Arras.

Becken zwar getrennt, dass aber diese Trennung nicht vollständig durchgeführt sei, indem die oberen Schichten mit einander zusammenhängen.

Im Südwesten Frankreichs gewahrt man ein zweites kleineres Becken, welches einerseits an das granitische Centralplateau Frankreichs, andererseits an die Pyrenäen angelehnt ist und das man das Pyrenäische Becken genannt hat. Im Ganzen findet man von diesem Becken hauptsächlich nur zwei breite Streifen, den einen im Norden, hauptsächlich dem Laufe der Charente folgend, und den anderen im Süden bei Bayonne und andererseits bei Perpignan. Die ganze Zwischenerstreckung ist auch hier von den mächtigen Tertiärschichten des südlichen Frankreichs zu beiden Seiten der Garonne überdeckt.

Eigenthümliche Kreideschichten findet man endlich noch im Südosten Frankreichs in der Nähe der Alpen und unterhalb Valence längs des südlichen Laufes der Rhone, wo sie ebenfalls an das Centralplateau sich anlagern und in die Zusammensetzung der südlichen Alpen eingehen. Diese Schichten setzen sich dann weiter durch die Schweiz und Italien, dem Alpenzuge folgend, fort und hängen mit dem Appennin und den südlichen Kreidebildungen überhaupt zusammen, mit welchen sie gemeinschaftliche Charaktere zeigen, so dass sie nur als Ausläufer eines mittelmeerischen Beckens dastehen, welches längs der Ufer des Mittelmeeres sich hinzieht.

§. 646. Betrachtet man nun das Pariser Becken im Einzelnen, so zeigt sich auch hier eine Verschiedenheit in dem östlichen und westlichen Flügel des Beckens, die daher kommt, dass eine mit der Linie von Artois, welche das belgische Becken von dem Pariser trennt, etwa gleichlaufende Linie existirt, die von St. Puits im Departement der Yonne bis nach Barneville an der Küste des Canals verfolgt werden kann, und die man die Axe von Mellerault genannt hat. Es trennt diese Linie den östlichen Flügel, das Flussgebiet der Seine oder das Becken von Paris von dem westlichen, dem Flussgebiete der Loire oder dem Becken der Touraine, und in beiden Gebieten zeigt die Kreide durchaus verschiedene Charaktere, indem die eigentliche weisse Kreide mit Feuersteinen und die unteren Schichten, die dem Grünsande und Hilse entsprechen, nur im Osten, im Seinegebiet, ausgebildet sind, während im Westen, in der Touraine, die unteren Schichten gänzlich fehlen und die weisse Kreide durch andere Gesteine ersetzt ist.

§. 647. Die Grünsand- oder Néocomien-Gruppe, welche, wie schon bemerkt, in dem Pariser Becken nur innerhalb des Seinegebietes vorkommt, bildet ein ununterbrochenes Band von der Maas an längs des Bogens der jurassischen Gebilde, welche hauptsächlich den Boden von Lothringen bilden. Die untersten Schichten dieser Gruppe, welche unmittelbar auf dem Portlandkalke aufruhen, sind gewöhnlich ein weisser oder eisenhaltiger Sand, der an einigen Orten, wie namentlich bei St. Dizier, so viele

Eisenknollen enthält, dass er ausgebeutet werden kann. Ueber diesem Sande liegen gelbe oder blaue Kalksteine oder auch blaue Kalkmergel, welche eine grosse Menge von Fossilien enthalten. Die Kalksteine sind gewöhnlich gelb, zuweilen oolithisch, an anderen Orten spathig, und bilden an einigen Orten gute Bausteine, während die Mergel ebenfalls oft eine grosse Härte erreichen, aber leicht verwittern. *Ostrea Couloni*, *Crioceras Duvali*, *Toxaster complanatus* sind in diesen untersten Schichten, welchen man auch die Bezeichnung des eigentlichen Néocomien vindicirt hat, die vorzüglichsten Leitmuscheln.

Ueber ihnen liegen gewöhnlich graue Mergel, die zuweilen gelb oder blau werden, von Gypskrystallen durchzogen sind, und die unter anderen häufigen Fossilien besonders die *Exogyra subplicata* und *Ostrea Leymerii* enthalten, weshalb man sie auch die Austernmergel (*Argiles ostréennes*) genannt hat. Mergelige Kalksteine, die zuweilen gänzlich aus Bruchstücken dieser Austern zusammengesetzt sind, liegen zwischen diesen Mergeln, welche nach oben oft in sandige, vielfach geflammte, gelbe, rothe und grüne Mergel und Sandsteine übergehen, in denen sich zuweilen Eisenkörner und Bohnerz finden, welche an einzelnen Orten, wie bei Vassy, ausgebeutet werden. Man hat diese Schichten, welche das obere Néocomien bilden, auch unter dem Namen des Urgonischen Systemes (*Système Urgonien*) unterschieden und stellt sie einer Schichtenreihe gleich, die man die erste Rudistenzone genannt hat, und die namentlich im Süden entwickelt ist.

Ueber dem Eisensande und diesen bunten Mergeln finden sich graublaue oder gelbe Mergel, die gewöhnlich zur Ziegelfabrikation ausgebeutet werden; an anderen Orten ersetzen gelbe oder graue Kalkmergel oder auch schwärzliche Thone jene gelben Mergel, die als besonders leitende Versteinerung die *Plicatula placunea* enthalten, und die man deshalb unter dem Namen der Plicatulenmergel (*Argiles à plicatules*) bezeichnet hat. D'Orbigny parallelisirt diese Mergel mit dem Speetonthone Englands und bezeichnet sie mit dem Namen des Aptischen Gebildes (*Terrain Aptien*), welches er als durchaus unabhängiges Stockwerk hinstellen will, obgleich in diesen Mergeln vielfache Mengungen mit eigentlichen néocomischen und überliegenden Fossilien vorkommen. Nach oben gehen diese Mergel in Schichten von grünem Sand oder eisenschüssigem Sand über, die gewöhnlich feinkörnig sind und Knollen von Eisenkies, aber keine Fossilien enthalten. §. 648.

Der Gault zeigt sich in einer weiteren Ausdehnung, als die unter ihm liegenden Schichten, und namentlich geht er weiter nach Norden, so dass er an vielen Orten an der Küste des Canals selbst erkannt werden kann. Fast überall zeigt er die charakteristische Gestalt eines schwärzlichen oder blaugrauen Thones von geringer Mächtigkeit und nur an einzelnen Orten scheint er durch grünliche, lose Quarzsandsteine repräsentirt zu sein. D'Orbigny bezeichnet ihn als besonderes Stockwerk §. 649.

unter dem Namen *Etage Albien*. *Trigonia aliformis*, *Nucula pectinata*, *Inoceramus sulcatus* stellen die vorzüglichsten Leitmuscheln dar.

§. 650. Ueber dem Gault, der noch in dem ganzen Loiregebiet mangelt, beginnen die Schichten des eigentlichen Kreidegebietes, und zwar in regelmässiger Aufeinanderfolge, sowohl in dem östlichen wie in dem westlichen Flügel des nordfranzösischen Beckens. An der Basis dieser Gebilde zeigen sich kreidige, mehr oder minder harte Kalke, die oft thonig oder sandig werden, viel Glimmer, aber keine Kiesel enthalten und meist eine gelbliche oder grünliche Farbe haben. An einigen Orten zeigen sich statt ihrer grüne Sandbänke mit Kieselnieren oder weiche grünliche Sandsteine, die mit grauen, blauen oder gelben Thonen abwechseln. Man hat diese Schichten früher mit dem Namen des oberen Grünsandes oder auch der chloritischen Kreide bezeichnet, doch in der Weise, dass man die grünen Sandschichten genauer von der chloritischen Kreide zu trennen suchte. D'Orbigny begreift jetzt diese Schichtenreihe, in welcher *Cardium Hillanum*, *Exogyra columba*, *Ammonites rhotomogensis* die wesentlichsten Leitmuscheln bilden, als das Stockwerk von Mans (*Etage Cénomanien*) und stellt mit ihr die zweite Rudistenzone des südfranzösischen Beckens auf gleiche Linie. Die kreidigen Conglomerate, welche den westlichen Ausläufer des belgischen Kohlenbeckens nach Frankreich hin überdecken, und in welchen die Schachte stehen, durch welche man bei Valenciennes zu den Steinkohlen gelangt, gehören diesem Stockwerke von Mans an. Sie sind den Bergleuten, welche unterhalb dieser Schicht die Kohlengebirge anzutreffen gewohnt sind, unter dem Namen der *Tourtia* bekannt.

§. 651. Ueber dieser Schichtengruppe folgt der Kreidetuff (*Craie tuffeau*), eine meist gelbliche oder weissliche, auch zuweilen bläuliche Kreide, mit vielem Mergel und grünen Chloritkörnern gemischt, die bald sehr zerreiblich ist, bald auch in Form fester Kalksteine sich zeigt, die als Baumaterial benutzt werden. An einigen Orten, namentlich im Osten, zeigen sich helle, hornige Kiesel in dieser Schicht, die von d'Orbigny das Stockwerk der Touraine (*Etage Turonien*) genannt und der dritten Rudistenzone im südfranzösischen Becken parallelisirt wird. *Ammonites Lewesiensis*, *Acteonella crassa*, *Inoceramus problematicus*, *Trigonia scabra* sind die wesentlichsten Leitmuscheln dieses Stockwerkes.

§. 652. Die weisse Kreide folgt auf diesen Kreidetuff ganz in derselben Weise wie in Englaud, unten mehr mergelig und grau, mit vertheilten Kieseltheilchen, oben weiss, fast nur aus reinem Kalkniederschlage bestehend, als Schreibkreide benutzbar und von Flintensteinlagern durchzogen. In der Touraine erscheint die weisse Kreide oft noch in der Form eines gelblichen oder weissen mergeligen Tuffes, in welchem keine Feuersteine sich finden. D'Orbigny nennt sie ziemlich unnöthiger Weise das Stockwerk von Sens (*Etage Sénonien*) und parallelisirt ihr die vierte Rudistenzone der südlichen Kreide.

Schon oben haben wir bemerkt, dass die Schichten des belgischen §. 653.
Beckens, welche namentlich an dem Laufe der Maas und in der Gegend von Aachen entwickelt scheinen, einen etwas höheren Horizont darstellen, als die weisse Kreide des französischen Beckens, obgleich eine genaue Abscheidung derselben nicht möglich scheint, indem eine grosse Anzahl von Versteinerungen, die sich in diesen oberen Schichten finden, zwar eigenthümlich sind, andere aber von denen der weissen Kreide sich nicht im mindesten unterscheiden. Das Gleiche gilt für die obere Kreide der dänischen Inseln und namentlich der Insel Faxoe, in welcher freilich eine einzige Versteinerung, der *Nautilus Danicus*, vorkommt, welche sogar in denjenigen Schichten vorkommen soll, die man unter dem Namen des Eisenkalksteines (*Calcaire pisolitique*) in der Umgegend von Paris kennt. Vor einiger Zeit hatte man die Mastrichter und Aachener oberen Kreideschichten, die Kreide von Faxoe und den Eisenkalk der Umgegend von Paris als ein besonderes Stockwerk der Kreide unter dem Namen der dänischen Schichtengruppe (*Terrain danien*) zusammengefasst, von welchem jetzt nur noch der Eisenkalk übrig geblieben ist, nachdem alle sonstigen Gebilde der oberen weissen Kreide angereiht werden mussten. Da dieser Eisenkalk nun zwar eine specielle Fauna enthält, diese aber weder mit der weissen Kreide, noch mit den darauf folgenden Tertiärschichten etwas gemein hat, so wird die Lösung der Frage, ob er zu der Kreide oder zu den Tertiärgebilden gerechnet werden muss, hauptsächlich von seiner Lagerung abhängen. Hier zeigt sich nun, dass diese vollkommen discordant ist, und dass die Oberfläche der Kreide auf die mannigfaltigste Weise vor dem Absatze des Eisenkalkes umgearbeitet worden war, so dass nothwendigerweise ein bedeutender Zwischenraum und mannigfaltige Perturbationen zwischen der Ablagerung dieses Eisenkalkes und derjenigen der Kreide statthatten, während im Gegentheile die Lagerung mit derjenigen der übrigen Tertiärschichten des Pariser Beckens übereinstimmt. Wir ziehen deshalb den Eisenkalk, den d'Orbigny noch immer als *Terrain danien* bei der Kreide lässt, zu den Tertiärschichten.

In dem südwestlichen französischen Becken, welches §. 654.
hauptsächlich dem Laufe der Charente folgt und den nördlichen Flügel der Pyrenäenmulde darstellt (*M* auf der Karte), finden sich, wie schon bemerkt, die untersten Schichten der Kreide nicht, die hier schon den südlichen Charakter anzunehmen beginnt. Als unterste Lagen erscheinen hier graue blätterige Thone mit unvollständigen Kohlen, Schwefelkiesen und Gypsen, die zuweilen mit eisenschüssigen Sandschichten und sandigen Kalken wechseln, und in denen man besonders Rudisten, Cyclolithen und viele Seeigel findet. Darüber kommen graue und zellige Kalkmergel, gelbe oder braune eisenschüssige Sandschichten mit grünen Punkten, harte Kalksteine, bald hellgelb, bald weisslich, oft kreide-

ähnlich, in welchen besonders die Rudisten verbreitet sind. Diese Zone heller grauer Kalksteine, in welchen sich Rudisten und Caprotinen finden, erscheint als leitender Horizont auf einer weiten Erstreckung des Beckens und kommt auch auf dem Nordabhange der Pyrenäen wieder vor; man unterschied sie früher unter dem Namen des Caprotinenkalkes und stellt sie jetzt mit den folgenden Schichten in das Cénomanien, welchem die zweite Rudistenzone angehört.

Ueber diesem Caprotinenkalke finden sich hellgelbe Mergelkalke, die besonders Austern und Ammoniten enthalten, graue Kalkmergel und darauf eine neue Zone von Rudistenkalk, der bald vollständig weiss und rein, bald gelblich ist und je nach der Häufigkeit der Rudisten bald die Weichheit der Kreide, bald die Härte eines krystallinischen Kalkes annimmt. Man hat diese Zone die dritte Rudistenzone genannt und, wie es scheint, entspricht sie der tourainischen Schichtengruppe des nördlichen Beckens, und es scheint diese Zone die grösste geographische Ausdehnung zu besitzen, indem sie von Lissabon aus durch Spanien, Frankreich, Italien, die europäische Türkei bis nach Kleinasien sich hinzieht und nicht minder in Aegypten und Nordamerika auftritt. Die Rudisten finden sich überall in ihrer natürlichen Lage innerhalb der Schichten, eine Muschel neben der anderen aufrecht stehend, mit dem kleinen Deckel nach oben, und einander gegenseitig in ihrer Entwickelung hemmend, wie dies auch in den Austernbänken der Fall ist.

Als oberste Schichtengruppe erscheinen nun hellgelbe oder weissliche deutlich geschichtete Kalke, welche ebenfalls Rudisten enthalten, deren vierte Zone sie darstellen, und die durch ein Zwischenlager von grauer, mergeliger oder grünlicher Kreide von der dritten Zone getrennt sind. Es entspricht diese oberste Rudistenzone ohne Zweifel der weissen Kreide der nördlichen Becken.

Der eigenthümliche Charakter, welchen die Kreidekalke durch die Gegenwart der Rudisten enthalten, zieht sich als allgemeines Kennzeichen durch die ganze südliche Kreideformation längs des Mittelmeeres durch, wo überhaupt die weisse Kreide. wie wir sie im Norden kennen, gar nicht existirt, so dass man wohl sagen kann, das Mittelmeer sei von Gürteln fester Rudistenkalke, das Nordmeer und die Ostsee von Gürteln leicht zerreiblicher Kreideablagerungen umgeben. Es würde zu weit führen, wollten wir auf diese südlichen Kreideablagerungen, welche einen grossen Theil der Türkei, Kleinasiens, Spaniens und Nordafrikas bilden, näher eingehen.

Kreide in der Schweiz, Savoyen und dem südwestlichen Frankreich.

An dem Südrande des schweizerischen Jura streckt sich von Biel an bis gegen Genf hin ein langes, schmales, hier und da unterbrochenes Band von eigenthümlichen Kalk- und Mergelgebilden, das von dem Hauptorte seiner Entwickelung, von Neuchatel her, den Namen des Néocomien erhalten hat. Auf den obersten Jurakalken liegen unmittelbar in abweichender Schichtung dunkelblaugraue, kurze Mergel, mit einer grossen Anzahl eigenthümlicher Fossilien, die allmälig durch vielfache Nüancen in einen harten, gelben Quaderkalk übergehen, dessen Schichten meist ziemlich mächtig sind, und der aus einer Menge einzelner spiegelnder Fragmente und Körner zusammengesetzt erscheint. Häufige Eindrücke von Fucoidenstengeln auf den Schichtflächen lassen auf Bildung dieser Schichten im Meere schliessen. Der Fossilien finden sich verhältnissmässig nur wenige in diesen Kalken, während die Mergel sehr reich sind. Auch in den inneren Jurathälern finden sich mannigfache Ablagerungen ähnlicher néocomischer Schichten, die theilweise in die französischen Kreidebecken übergehen. Das Gebilde wurde durch Untersuchung seiner Fossilien als wirkliches Glied der Kreide, und zwar als unteres Glied des Néocomien nachgewiesen, als dessen Typus es noch gilt, während die oberen, namentlich in Frankreich vorkommenden Schichten des Néocomien in der Schweiz meist fehlen. §. 655.

Verfolgt man den Jura weiter in seiner Erstreckung nach Süden hin, so findet man schon am Salève bei Genf, noch mehr aber an der Perte du Rhone und in der Umgegend von Chambery die Kreideschichten in grösserer Ausdehnung entwickelt. Die Juragebirge bildeten eine Menge flacher domartiger Rücken, in deren Thäler das Kreidemeer sich hineinerstreckte und so eine Menge von Uferablagerungen nach und nach absetzte. Ueberall findet man den unteren Néocomien in seiner charakteristischen Form als blaue Mergel oder gelbe Kalksteine, welche den *Toxaster complanatus* und *Exogyra Couloni* als vorzügliche Leitmuscheln enthalten. Auf diesen liegen dann als zweite Schicht die weissen Kalksteine, mit Caprotinen, welche dem Urgonien d'Orbigny's entsprechen. An der Perte du Rhone zeigen sich über diesem Urgonien, das oolithisch und kreideähnlich ist, drei Schichtengruppen, die sich wohl durch ihre Fossilien unterscheiden, und die man bisher als Gault zusammenfasste. An der Basis liegen gelbe Mergel, die oft sandhaltig werden und die charakteristischen Fossilien des aptischen Stockwerks enthalten. Zu ihnen gehören noch gelbliche eisenschüssige Kalke, welche sich in dem oberen Theile der gelben Mergel entwickeln, ganz von Orbitoliten erfüllt sind und eine sehr constante, kaum einen halben Meter dicke Schicht bilden. Ueber dieser Schicht kommt dann §. 656.

die Gruppe des mittleren Gault mit einem mergeligen Kalkstein, und darauf der obere Gault, ein wahrhafter Grünsand, der zahlreiche grüne Körner enthält und reich an Fossilien ist. Geht man nun noch weiter nach Süden, so zeigen sich schon in der Umgegend des Lac de Bourget bei Aix die eigenthümlichen Charaktere der südlichen Kreideformation, indem über blauen Mergeln, die die Stufe des Néocomien darstellen, mächtige Massen von weissem Rudistenkalke aufgelagert sind, der grösstentheils die schroffen Felswände bildet, welche an den Spitzen der Berge sich hinziehen.

§. 657. Dringt man in östlicher Richtung weiter in die Alpen selbst vor, so findet sich überall an dem Nord-, wie an dem Südabhange des grossen Alpenzuges eine Zone von Gesteinen entwickelt, die auf den jurassischen Alpengebilden auflagert und ihren Fossilien nach für Kreide erkannt werden muss, obgleich die Gesteinsbeschaffenheit eine äusserst verschiedene ist. Der untere Néocomien zeigt sich gewöhnlich in Gestalt eines schwarzen, mergeligen oder sandigen Kalksteines, der mit schwärzlichen Thonschiefern wechselt, dünn geschichtet ist, die charakteristischen Versteinerungen *Toxaster complanatus*, *Exogyra Couloni* enthält und zuweilen mit dem Namen des Spatangenkalksteines bezeichnet wurde. Anderwärts ist dieser schwarze schiefrige Kalk durch graue compacte Kalke, oder selbst, wie in den Venetianer-Alpen, durch harte weisse Sandsteine ersetzt.

Ueber dieser Schicht liegt ein meist grauer compacter, oft hellfarbiger Kalkstein, welchen Escher mit dem Namen des Schrattenkalkes bezeichnet hat und der durch seine organischen Einschlüsse sich als Caprotinenkalk zu erkennen giebt.

Unmittelbar über diesen Kalken finden sich schwärzliche Kieselkalke, innig gemengt mit grünlichen Körnern, die an der Oberfläche durch Oxydation röthlich werden und namentlich schon in der Montagne des Fis in Savoyen seit langer Zeit als zur Kreide gehörig erkannt wurden. Die Fossilien, welche diese Schicht enthält, lassen keinen Zweifel über ihre Stellung übrig. Es ist offenbar veränderter Grünsand.

Ueber diesem Grünsande findet sich stellenweise, wie namentlich in Glaris in Appenzell, am Sentis und weiter hinaus, eine mächtig entwickelte Kalkformation aus rothen und grauen Kalken bestehend, welche *Ananchytes ovatus*, *Inoceramus Cuvieri* enthalten und sich dadurch als Analogon der weissen Kreide zu erkennen geben. In diesen Kalken, welche man den Seewerkalk oder Inoceramenkalk genannt hat, finden sich, sowie in den Schrattenkalken, viele gewellte Thonblätter, die bei dem Auswaschen durch den Regen jene eigenthümlich gewundenen Ringe und Canäle erzeugen, die durch scharfe Rippen getrennt sind und in der Schweiz Karren oder Schratten genannt werden.

Mit diesem Aequivalente der weissen Kreide endigt die Kreide-

formation überhaupt in den Alpen. Die darüber liegenden mächtigen Schichten, welche man unter dem Namen der Nummuliten-Formation kennt, wurden zwar früher ihrer Lagerung nach der Kreide zugerechnet, gehören aber unbedingt den tertiären Bildungen an.

Unter den Versteinerungen der Kreide sind besonders nennenswerth: §. 658.

Im unteren Néocomien.

Pyrina pygaea.
Toxaster complanatus.
Holaster L'Hardy.
Rhynchonella depressa.
Exogyra Couloni.
Perna Mulleti.
Trigonia carinata.
Belemnites binervius.
Ammonites radiatus.
Crioceras Duvali.
Toxoceras elegans.
Ptychoceras Emerici.

Im oberen Néocomien (Urgonien und erste Rudistenzone).

Catopygus Renaudi.
Cidaris cornifera.
Caprotina ammonia, *Lonsdali.*
Radiolites neocomensis.
Caprinella Doublieri.
Terebratula hippopus, *sella* (*biplicata*).
Ostrea Leymerii.
Turrilites (*Heteroceras*) *Emerici.*
Ancyloceras (*Crioceras*) *Emerici.*
Scaphites Juani.
Ammonites fascicularis, *Dumasianus*, *ligatus.*

Im Hilsgebilde.

Pyrina pygaea.
Toxaster complanatus.
Perna Malleti.
Exogyra Couloni.
Terebratula sella (*biplicata*), *oblonga*, *tamarindus.*
Serpula reticulata, *antiquata*, *Phillipsi.*
Ammonites radiatus, *Asterianus*, *splendens*, *interruptus.*
Nautilus elegans.
Belemnites subquadratus.

Im *Lower Greensand.*

Toxaster complanatus.
Terebratula oblonga, *tamarindus*, *sella.*
Rhynchonella depressa.
Trigonia carinata.
Nautilus elegans.
Janira quinquecostata.
Discoidea subuculus.

Im Speetonthone.

Toxaster complanatus.
Crioceras plicatilis.
Ammonites hystrix, *fissicostatus.*
Serpula reticulata, *antiquata*, *Phillipsi.*

Im Shanklin-Sand.

Trigonia aliformis.
Nucula impressa.
Rostellaria Parkinsoni.
Ammonites Goodhalli.

Im Aptien.

Tetracaenia Dupiniana.
Terebratula sella.
Ostrea aquila, macroptera.
Plicatula placunea.
Thetis laevigata.
Avellana incrassata.
Ancyloceras gigas, Matheronianus.
Hamulina Royeriana.
Ammonites Cornouelianus, Royerianus, fissicostatus, Matheroni.

Im Albien.

Orbitolina lenticulata.
Diadema Brogniarti.
Galerites castanea.
Holaster laevis.
Plicatula radiola.
Janira Albensis.
Pecten Darius.
Trigonia aliformis.
Helcion laevis.
Pterocera Gaultina.
Rostellaria costata, Parkinsoni.
Turrilites Mayorianus.
Hamites attenuatus, rotundus, alterno-tuberculatus.
Ptychoceras Gaultinum.
Ancyloceras Saussureanum.
Ammonites Deluci, mammillaris, splendens, interruptus, inflatus.

Im englischen Gault.

Trigonia aliformis.
Avellana incrassata.
Rostellaria Parkinsoni.
Hamites rotundus, attenuatus.
Ammonites mammillaris, rhotomagensis. splendens, fissicostatus.

Im Cénomanien.

Cidaris vesiculosa.
Discoidea subuculus, cylindrica.
Holaster Sandoz.
Hemiaster bufo.
Catopygos carinatus.
Salenia personata.
Caprotina quadripartita.
Radiolites (Sphaerulites) agariciformis.
Caprinella (Ichthyosarcolites) triangularis.
Caprina adversa.
Thecidea rugosa.
Terebratula biplicata, depressa.
Rhynchonella Lamarckiana.
Ostrea carinata.
Exogyra columba.
Spondylus striatus.
Cardium Hillanum.
Pecten asper.
Janira quinquecostata.
Opis elegans.
Pterodonta elongata, inflata.
Turrilites costatus.
Scaphites aequalis.
Ammonites rhotomagensis, varians, Goodhalli.

Oberer Grünsand Englands (*Upper Greensand*).

Siphonia pyriformis.
Micraster cor-anguinum.
Discoidea subuculus.
Pyrina depressa.
Catopygus carinatus.
Terebratula biplicata.
Rhynchonella alata, pisum.
Exogyra columba.
Ostrea carinata.
Lima Hopei.
Janira quinquecostata.
Trigonia scabra.
Cardium Hillanum.
Ammonites mammillaris, varians.

Kreidemergel (*Chalk-marl*).

Siphonia pyriformis.
Terebratula striata.
Rhynchonella pisum.
Janira quinquecostata.
Rostellaria Parkinsoni.
Avellana incrassata.
Scaphites aequalis.
Turrilites costatus.
Ammonites rhotomagensis, varians.

Unterer Quadersandstein.

Micraster cor-anguinum.
Catopygus carinatus.
Discoidea subuculus.
Radiolites agariciformis.
Rhynchonella gallina, alata.
Exogyra columba.
Gryphaea vesicularis.
Ostrea carinata.
Lima Hopei.
Janira quinquecostata.
Inoceramus concentricus.
Cardium Hillanum.
Acteonella laevis.
Ammonites rhotomagensis, varians.
Ptychodus mammillaris.
Otodus appendiculatus.
Oxyrhina Mantelli.
Lamna raphiodon.

Untere Quadermergel und Flammenmergel.

Siphonia pyriformis.
Rhynchonella pisum.
Terebratula carnea.
Turrilites costatus.
Ancyloceras armatum.
Nautilus simplex.
Ammonites mammillaris.
Beryx ornatus.
Macropoma Mantelli.

Unterer Pläner.

Ananchytes ovatus.
Galerites albogalerus, vulgaris.
Crania Ignabergensis.
Scaphites aequalis.
Hypsodon Lewesiense.

Oberer Pläner.

Ananchytes ovatus.
Galerites albogalerus, vulgaris.
Crania Ignabergensis.
Scaphites aequalis.
Hypsodon Lewesiense.

Turonien.

Archiacia cornuta.
Hemiaster Fourneli.
Micraster brevis.
Holaster subglobosus.
Biradiolites (Hippurites) cornu pastoris.
Caprotina Archiaciana, Toucasiana.
Radiolites Porsiana, angeïodes.
Caprina Aguilloni.
Hippurites cornu vaccinum, organisans, bioculata, sulcata, dilatata.
Ostrea diluviana.
Pecten curvatus.
Acteonella laevis, crassa.
Trigonia scabra.
Ammonites Ewaldi, Woolgari, Lewesiensis.

Untere Kreide in England.

Micraster cor-anguinum.
Cidaris vesiculosus.
Pyrina depressa.
Ananchytes ovatus.
Galerites albogalerus, vulgaris.
Discoidea subuculus.
Rhynchonella plicatilis.
Exogyra aquila.
Spondylus spinosus.
Lima Hopei.
Inoceramus mytiloides.

Obere weisse Kreide Englands.

Coscinopora infundibuliformis.
Galerites albogalerus, vulgaris.
Micraster cor-anguinum.
Anachytes ovatus.
Crania Ignabergensis.
Terebratula carnea.
Rhynchonella plicatilis.
Gryphaea vesicularis.
Baculites anceps.
Belemnitella mucronata.

Sénonien.

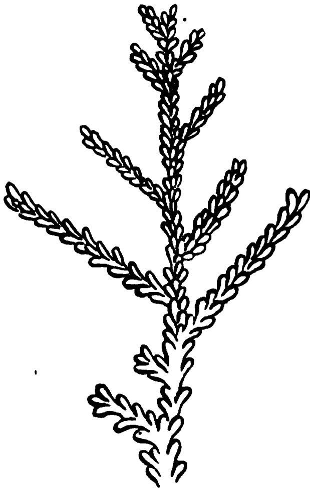
Siphonia pyriformis.
Cyclolites numismalis.
Orbitoides media.
Galerites albogalerus, vulgaris, conica.
Cyphosoma Milleri.
Hemiaster rana.
Ananchytes ovata, gibba, striata.
Radiolites Hoeninghausi, crateriformis.
Crania Ignabergensis.
Terebratula carnea, gracilis.
Ostrea larva.
Gryphaea vesicularis.
Lima Hopei.
Baculites anceps.
Corax pristodontus.

Oberer Quader.

Galerites albogalerus, vulgaris.
Ananchytes ovatus.
Crania Ignabergensis.
Terebratula carnea.
Lima Hopei.
Spondylus spinosus.
Belemnitella mucronata.
Baculites anceps.
Mosasaurus Hofmanni.
Nautilus Danicus.

Ueberreste **fossiler Pflanzen** finden sich seltener in der Kreide, als in allen übrigen Formationen, und es sind nur einzelne Orte im Pläner von Böhmen und Sachsen, sowie im Grünsande Aachens zu nennen, wo reichlichere Lager von fossilen Pflanzen vorhanden sind. Die Algen bieten keine besonders hervorstechenden Charaktere dar. Die Farrenkräuter sind nur gering an Zahl und, wie es scheint, kaum mehr in Gestalt baumartiger Farren entwickelt. Die vorherrschende Landflora wird von Zapfenbäumen, von Cycadeen, Cypressen und Tannen gebildet, von welchen man zahlreiche Arten gefunden hat. Wir geben hier die Abbildung des Endzweiges einer Gattung, welche sich durch äusserst dicke fleischige kurze Blätter auszeichnet, die dicht über einander gedrängt stehen. (Fig. 411, 412.) §. 659.

Fig. 411.



Brachyphyllum Orbignyanum.
Aus dem Cénomanien der *Iles d'Aix*.

Fig. 412.



Ein Zweig vergrössert.

Ausser den vorherrschenden Coniferen finden sich noch manche Blätter und Früchte von Dikotyledonen, deren Bestimmung indessen theilweise sehr unsicher ist. Es sind namentlich die Weiden, Birken und Wallnussbäume, welche in der Kreideperiode einige Vertreter finden.

Obgleich die **Schwämme** keine solche Massen mehr bilden, wie §. 660.
in den Jurakalken, in denen sie ganze Schichten zusammensetzten, so zeigen sich doch mannigfaltige Arten, welche in allen Stockwerken der Kreide verbreitet sind. Die Gattung *Siphonia*, Fig. 413 a. f. S., hat einen meist flaschen- oder birnförmigen Körper, der aus einem dichten Fasergewebe gebildet ist, das von zweierlei verschiedenen Canälen

durchzogen wird. Die einen dieser Canäle sind rund, gehen im Inneren von unten nach oben und öffnen sich an der Oberfläche gewöhnlich im Kreise um einen tiefen becherförmigen Eindruck; die anderen Canäle sind unregelmässig, eng und münden an den Seiten gewöhnlich mit unregelmässigen und zerfressenen Oeffnungen. Die meisten Arten haben einen mehr oder minder langen verästelten Stiel, mit welchem sie auf dem Boden aufsitzen, der aber gewöhnlich verloren geht, so dass man nur den birnförmigen Kopf findet.

Fig. 413.



Siphonia ficus.
Von der Insel Wight.

Man zählte früher zu demselben Genus die Gattung *Camerospongia*, Fig. 413, welche sich indessen dadurch unterscheidet, dass nur die

Fig. 414.



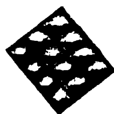
Camerospongia fungiformis.
Aus der weissen Kreide.

untere Fläche des hutförmigen Schwammes löcherig ist, während die obere, die eine runde, becherförmige Vertiefung in ihrer Mitte zeigt, von einer durchaus glatten Fläche umgeben ist.

Die Coscinoporen, Fig. 415, bilden einen sehr breiten, tiefen, dünnwandigen Becher, der auf einer Art Wurzel ruht. Aeusserst zahlreiche kleine, rautenförmige Oeffnungen stehen im Quincunx dicht aneinander gedrängt in dem porösen Gewebe.

Fig. 415.





Coscinopora cupuliformis.
Aus der weissen Kreide.

§. 661. Wie schon oben bemerkt, gewinnen die Rhizopoden oder Foraminiferen eine ganz besondere Bedeutung in den Kreideschichten, indem sie hauptsächlich einen grossen Theil der weissen Kreide zusammensetzen und nicht minder häufig in den Kreidemergeln vorkommen. Bisher waren dieselben nur wenig entwickelt, so dass es unnöthig gewesen wäre, auf ihre weitere Eintheilung einzugehen; — in der Kreide aber zeigen sich schon Repräsentanten der meisten Ordnungen und Familien. Die Familie der

Cyclostegier hat scheibenförmige Schalen, welche aus concentrischen Kammern bestehen, die einfach oder vielfach sind, aber niemals in einer Spirale sich ordnen; die hier abgebildete Gattung, Fig. 416—420, zeigt eine schildförmige Schale, die auf beiden Seiten convex ist und

Fig. 416.



Orbitoides media. Aus der weissen Kreide. Von oben.

Fig. 417.



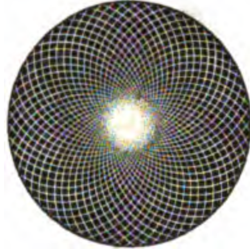
Senkrechter Durchschnitt.

Fig. 418.



Profilansicht.

Fig. 419.



Horizontalabschnitt.

Fig. 420.



Vergrössertes Stück des Horizontalabschnittes.

eine einzige Reihe von Kammern im Umkreise der Scheibe besitzt; diese ist selbst in der Mitte stark incrustirt, so dass sie eine nabelförmige Erhöhung bildet, und zeigt auf der Aussenfläche entweder strahlende Linien oder Granulationen, welche die Schale leicht von den ähnlichen Gattungen *Orbitolites* und *Orbitolina* unterscheiden lässt, indem die erstere, welche auf beiden Seiten gleich gebildet ist, concentrische Linien auf der Oberfläche hat, die letztere dagegen auf der unteren Fläche concav ist und dort die Kammern sehen lässt. Die Unterscheidung dieser drei Gattungen erscheint deshalb besonders wichtig, weil man sie bis jetzt oft mit den Nummuliten verwechselte, welche als charakteristische Versteinerungen in höheren, den Tertiärperioden angehörenden Schichten, und zwar nur in diesen vorkommen.

Die Familie der **Stichostegier** besitzt Schalen, deren Kammern in gerader Reihe hinter einander stehen und mit ihren Enden sich so an einander schliessen, dass sie eine gerade oder etwas gekrümmte, aber niemals spiralig aufgerollte Axe zeigen. Zu dieser Familie gehören die Dentalinen, Fig. 421 a. f. S., freie, regelmässige, conische, oft etwas gekrümmte Schalen, welche aus kugeligen, zuweilen etwas schiefen Kammern zusammengesetzt sind. Die letzte Kammer ist convex, oft länglich ausgezogen; die Oeffnung ist rund §. 662.

und ständig, etwas auf der Seite gelegen; die Kammern durch wenig vorspringende Einschnürungen von einander geschieden.

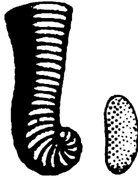
§. 663. Die Familie der **Helicostegier** zeigt Schalen, deren Kammern auf eine einzige Axe aufgereiht, aber spiralig gerollt sind, so dass das Ganze gewöhnlich einer gekammerten Schneckenschale gleicht. Man kann hier zwei Gruppen unterscheiden, indem bei den einen, welche mehr den Nautilen gleichen, die Schale gleichseitig ist und sich in derselben Ebene einrollt, während bei den anderen eine thurmförmige Schneckenwindung sich findet, welche sie mehr den gewöhnlichen Schnecken gleichen lässt. Zu der ersten Gruppe gehört die Gattung *Lituola*, Fig. 422 u. 423, welche in der Jugend eine aufgerollte, nautilusähnliche Schale besitzt, die aber später in gerader Richtung sich fortsetzt, so dass die ältere Schale einem Bischofsstabe ähnlich sieht. Die Kammern dieser Gattung sind mit einem porös schwammigen Gewebe angefüllt.

Fig. 421.



Dentalina sulcata
Aus der weissen Kreide.

Fig. 422.



Lituola nautiloidea.
Aus der weissen Kreide. Daneben der Querschnitt der Schale.

Fig. 423.

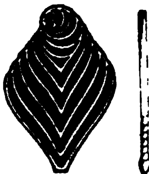


Dieselbe jung, stärker vergrössert.

Die Flabellinen, Fig. 424, gehören derselben Gruppe an. Die Kammern dieser Gattung sind im jüngeren Alter schief und nehmen später eine winklige Gestalt an.

Zu den thurmförmig gewundenen Helicostegiern gehören die Buliminen, Fig. 425, spiralig gewundene Schalen mit länglicher Spindel und wenig vorspringenden Kammern, die sich mehr oder minder decken. Die Oeffnung ist länglich spaltförmig oder rund, seitlich am oberen Winkel der letzten Kammer gelegen.

Fig. 424.



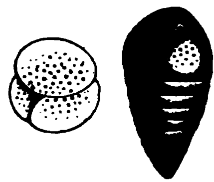
Flabellina rugosa.
Aus der weissen Kreide.

Fig. 425.



Bulimina obliqua.
Weisse Kreide.

Fig. 426.



Chrysalidina gradata.
Aus dem Cénomanien.

Die Gattung *Chrysalidina*, Fig. 426, hat eine puppenförmige unregelmässig spiralige Schale, welche an dem oberen Theile der drei letzten Kammern zahlreiche zerstreute Mündungen besitzt. Sie kommt nur in dem Kreidetuff vor.

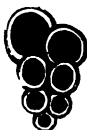
Die Familie der Enallostegier hat Schalen, die aus zwei oder drei Reihen von Kammern bestehen, welche, ohne eine Spirale zu bilden, sich mit zunehmender Grösse fortsetzen. Gewöhnlich stehen diese Kammern in ihren Reihen abwechselnd, so dass die Schale im Ganzen ein thurmförmiges Ansehen erhält. Die Schalen der Textularien, Fig. 427 und 428, sind frei, regelmässig, conisch, aus runden oder keilförmigen Kammern zusammengesetzt, die auf zwei Längsaxen stehen, mit einander alterniren und sich theilweise decken, und an deren innerer Seite sich eine halbmondförmige, quere Oeffnung findet. §. 664.

Fig. 427.



Textularia aciculata.

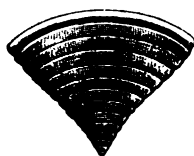
Fig. 428.

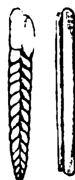


Textularia striata.

Aus der weissen Kreide.

Fig. 429.





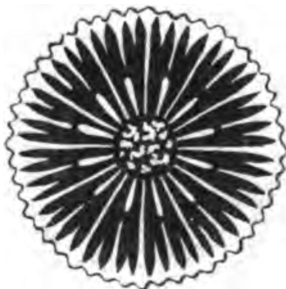
Cuneolina pavonia.
Von vorn, von der Seite und von oben.

Zu derselben Familie gehören die Cuneolinen, Fig. 428, keilförmig zusammengedrückte Schalen, die aus abwechselnden regelmässigen Kammern bestehen, welche eine grosse Anzahl von Oeffnungen zeigen. Sie finden sich ebenfalls nur in dem Kreidetuffe.

Unter den Polypen zeichnen wir folgende Formen aus, welche theilweise für die Schichten charakteristisch erscheinen. Die Gattung *Cyathina*, Fig. 430, bildet den Typus einer Gruppe in der Familie der Turbinolien, welche stets voll- §. 665.

Fig. 430.





Cyathina Bowerbanki. Aus dem Albien.

ständig geöffnete Kammern besitzt und eine undurchbohrte Mauer mit vollkommenen Lamellen als Scheidewände, zu welchen bei den Cyathinen noch secundäre, von der inneren Säule ausgehende Pflöcke kommen. Die Gattung *Cyathina* selbst hat einfache, angewachsene, zugerundete Polypenstöcke mit zusammengedrückter Columella, einfachen Rippen und einer einfachen Krone von grossen, freien Pfählchen, die um ein büschelförmiges Säulchen stehen. Die hier abgebildete Art ist charakteristisch für den Gault.

§. 666. In der Familie der Eusmiliden finden sich gemeiniglich massige Korallenstücke, die zuweilen indessen in dünnen Blättern sich ausbreiten und deren Zellen vielfache Strahlen haben, mit dicken Wänden und ohne innere Säulchen. Zwischen den Zellen ist die Zwischenmasse bedeutend stark, meistens blätterig oder körnig oder auch schwach gestreift, und die Sternleisten setzen sich gewöhnlich über diese Zwischenmasse fort und verschmelzen von einer zu der anderen Zelle. Bei der Gattung *Tetracaenia*, Fig. 431, finden sich tiefe, becherförmige Zellen

Fig. 431.

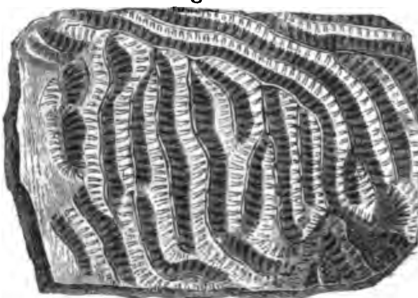


Tetracaenia Dupiniana. Aus dem Aptien.

mit erhabenen, nach vier Systemen geordneten Sternleisten ohne innere Säulchen. Die abgebildete Art ist charakteristisch für das aptische Gebilde.

§. 667. Die Familie der Mäandriden zeigt tief gezackte, stachelige oder gezähnelte Zwischenwände und lange, gangartige Zellen, welche so zusammenfliessen, dass gewundene Züge erzeugt werden, so dass der Korallenstock einer schraffirten Bergkette nicht unähnlich sieht. Die Gattung *Maeandrina*, Fig. 432, zeigt sehr schwammige Säulchen und die Mauern der Polypenzellen sind zu einfachen Rippen verwachsen.

Fig. 432.



Maeandrina pyrenaica. A. d. Hippuritenkalk (Turonien).

In der Familie der **Augenkorallen** (*Oculinida*) finden sich gewöhnlich baumartig verästelte Polypenstöcke mit kleinen, rundlichen Zellen und ungemein harter und fester Knochensubstanz. Bei der Gattung *Synhelia*, Fig. 433, sind die Aeste gedrungen, die Knospen §. 668.

Fig. 433.



Synhelia Sharpeana.
Aus der weissen Kreide.

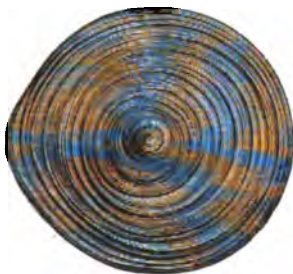


Ein Stück vergrössert.

meist in Spiralen gestellt, die Sternleisten ungleich stark, gekerbt und knotig und in der Mitte der Zelle ein dünnes Säulchen entwickelt.

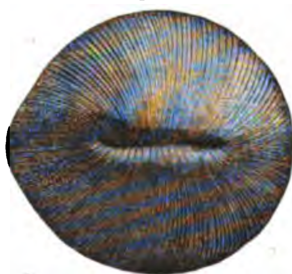
Durch einen freien, einfachen, zusammengedrückten, rundlichen oder länglichen Korallenstock, der auf seiner Oberfläche mit zahlreichen, §. 669.

Fig. 434.



Cyclolites elliptica.
Aus d. Hippuritenkalke (Turonien). Von oben.

Fig. 435.



Von unten.

Fig. 436.



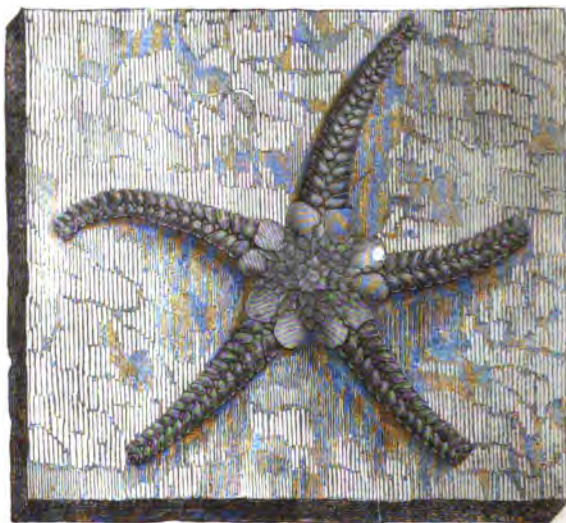
Cyclolites elliptica. Von der Seite.

von einer mittleren Grube auslaufenden Strahlenleisten bedeckt ist, zeichnet sich die Familie der **Schwammkorallen** (*Fungida*) aus. Bei der Gattung *Cyclolites*, Fig. 434 bis 436, findet sich ein rundlicher oder länglicher convexer Korallen-

stock, der mit einer Unzahl sehr dünner Sternleisten bedeckt ist, die von einer länglichen, seichten und engen Spaltgrube ausgehen. Die untere Fläche ist mit einem concentrisch gestreiften Fussblatte bedeckt.

§. 670. Unter den Echinodermen der Kreide zeichnen sich besonders die zahlreichen **Seeigel** aus, von denen viele Arten ganz ausgezeichnete Leitversteinerungen zur Bestimmung der einzelnen Schichten sind. Aus den übrigen Ordnungen der Stachelhäuter erwähnen wir hier nur die Gattung *Palaeocoma*, Fig. 437, aus dem Grünsande von Aachen, welche

Fig. 437.



Palaeocoma Fürstenbergi.

sich vor den übrigen Schlangensternen dadurch auszeichnet, dass sie an den Armen vier Reihen grösserer Schuppen ohne Zwischenschuppen trägt.

§. 671. Eine eigenthümliche Gruppe bilden unter den Seeigeln die **Salenien**, meist kleine, rundliche Seeigel mit dicker Schale und ziemlich grossen Warzen, die auf ihrem Scheitel ein grosses Schild tragen, welches gewöhnlich aus mehr als zehn Stücken zusammengesetzt ist und oft eine höchst eigenthümliche Beschaffenheit hat. Im Uebrigen gleichen diese Seeigel durch den weiten Mund und die übrigen Charaktere der Schale sehr der Familie der eigentlichen Echinusarten. Bei der Gattung *Salenia*, Fig. 438, ist die Scheitelscheibe sehr gross, kreisrund, etwas wellenförmig, im Umkreise aus fünf durchbohrten Genitaltafeln, fünf Augentafeln und einer Aftertafel zusammengesetzt, welche excentrisch liegt, so dass die weite Afteröffnung nach der

Seite gedrängt ist. Die hier abgebildete Art kommt besonders im Cénomanien vor.

Fig. 438.



Salenia personata. Aus dem Cénomanien.

Zu derselben Gruppe gehört die Gattung *Goniopygus*, Fig. 439, deren Scheitelscheibe aus zehn dreieckigen Täfelchen besteht, die vollkommen getrennt sind, einen strahligen Stern bilden und die centrale Afteröffnung im Kreise umstehen. Eine Afterplatte fehlt.

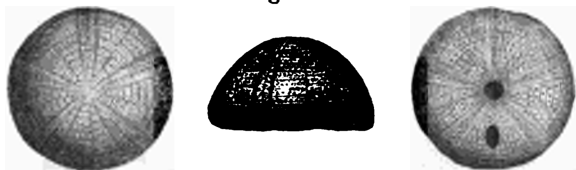
Fig. 439.



Goniopygus major.
Aus dem Cénomanien. Von der Seite und von vorn.

Besonders charakteristisch für die Schichten der Kreide sind viele Gattungen der Familie der Echinoneiden, die wir schon beim Jura zu charakterisiren Gelegenheit fanden. Die Gattung *Discoidea*, Fig. 440 und 441, zeigt einen kreisrunden Umfang und eine platte Unterfläche, so dass sie fast die Gestalt einer in der Mitte durchschnittenen Kugel hat. Der Mund befindet sich auf der §. 672.

Fig. 440.



Discoidea subuculus. Aus dem Cénomanien.

Fig. 441.



Discoidea cylindrica. Aus dem Albien.

unteren Fläche in dem Centrum und ist kreisrund, während der After nach hinten zu eine gewöhnlich ovale Spalte auf derselben Fläche bildet. Die Stachelwarzen sind sehr klein, aber dennoch durchbohrt, gekerbt und in regelmässige Reihen gestellt. Im Inneren der Schale finden sich Scheidewände, welche auf den meist verkieselten Steinkernen Einkerbungen zurücklassen.

§. 673. Die Galeriten, Fig. 442, zur Familie der Clypeaster gehörend, sind mehr oder minder abgerundet, fünfeckig, meist ziemlich hoch und

Fig. 442.



Galerites albogalerus.
Aus der weissen Kreide. Von oben, von der Seite und von unten.

hinten gegen die Basis hin abgestutzt, die Unterfläche ist platt und in ihr finden sich beide Oeffnungen des Darmes, Mund und After; ersterer, von zehneckiger Form, liegt in der Mitte, letzterer am hinteren Rande. Die Fugen der einzelnen Platten, aus welchen die Schale zusammengesetzt ist, zeigen sich meist sehr deutlich; die darauf befindlichen Knötchen für die Stacheln sind nur sehr schwach und wenig entwickelt. Die Ambulacren sind einfach, und die Porenreihen, aus denen sie zusammengesetzt sind, erstrecken sich in einfacher, gerader Linie von der Spitze der Schale zum Munde.

Die Gattung *Pygaster*, Fig. 443, hat eine niedergedrückte Gestalt,

Fig. 443.

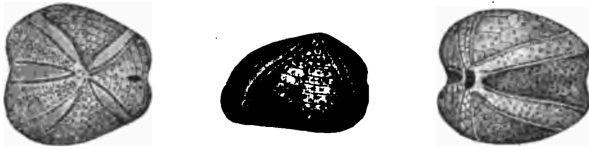


Pygaster truncatus. Aus dem Cénomanien.

zehneckigen Mund und eine sehr grosse Afteröffnung, welche auf der oberen Seite nach hinten zu in einer weiten birnförmigen Vertiefung liegt. Die Stachelwarzen sind durchbohrt und gekerbt und in regelmässige Reihen gestellt.

Zu der Familie der Herzigel (*Spatangida*) gehört die Gattung §. 674.
Toxaster, Fig. 444, bei welcher die dünne Schale mit kleinen Körnchen

Fig. 444.

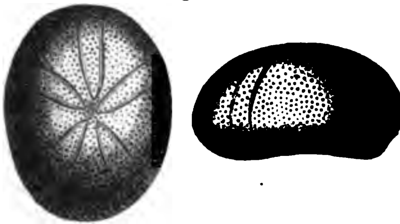


Toxaster complanatus. Aus dem unteren Néocomien.

bedeckt ist, zwischen welchen etwas grössere Stachelwarzen eingestreut stehen. Der Mund ist fast central, klein, quer elliptisch, steht auf der unteren Fläche nach vorn in einer Vertiefung, während der After hinten meist auf der oberen Fläche angebracht ist. Die hier abgebildete Art ist charakteristisch für die untere Hilsbildung oder das untere Néocomien.

Zu der Gruppe der Nucleoliden gehört die Gattung *Pygaulus*, §. 675.
welche einen elliptischen Umriss und etwas ausgehöhlte Unterfläche besitzt und einen centralen fünfeckigen Mund ohne Wülste und ohne Rosetten. Die Ambulacren stellen langgezogene Blätter vor, welche nach unten geöffnet sind. Der After liegt an der Hinterfläche und springt etwas vor.

Fig. 445.



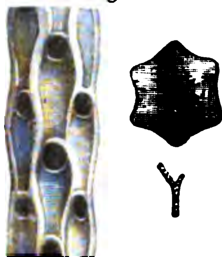
Pygaulus Moulinsi.
Aus dem Néocomien.

Ganz besonders ausgezeichnet sind in der Kreideperiode die Bryo- §. 676.
zoen oder Moosthiere, welche man fast auf allen Versteinerungen angesiedelt findet. Die Familie der Eschariden zeigt gewöhnlich krugförmige, ovale oder sechseckige deutliche Zellen, die meistens von aussen eingerahmt sind und eine verengte, oft flache oder selbst vertieft liegende Mündung haben, welche durch einen hornigen Deckel geschlossen werden kann. Die Zellen liegen gewöhnlich in Reihen und bilden bald freie verästelte Stämmchen, bald auch hautartige Ausbreitungen, die indessen in ihrem Ganzen stets regelmässige Formen zeigen. Die Gattung *Vincularia*, Fig. 446 a. f. S., hat Stämme mit drehrunden oder prismatischen Zweigen, die stets gleichbleibende Dicke besitzen und sich regelmässig in zwei Zweige theilen. Diese Stämme

zeigen keine Gliederung, aber regelmässige Gelenke, und die Zellen stehen in 6 — 14 Längsreihen wechselständig um den Stamm herum.

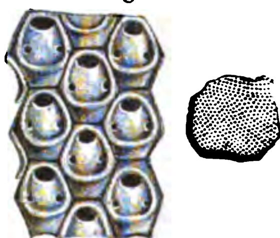
§. 677. Die Familie der **Celleporiden** zeigt deutliche kalkige oder hornige Krugzellen von ovaler oder sechseckiger Gestalt, die fast immer aus einer netzförmigen Kruste gebildet sind. Die Oeffnung dieser Zellen ist eng, rundlich oder halbmondförmig und steht an einer Seite der Zelle. Zuweilen finden sich noch andere Oeffnungen in dem Deckel der Zellen, die gewöhnlich in abwechselnden Reihen stehen. Der Polypenstock selbst ist stets blattförmig und die Zelle nur auf einer Fläche angebracht, während die andere Fläche ein einfaches Kalkblatt bildet, das sich gewöhnlich auf anderen Gegenständen ausbreitet, zuweilen aber auch so in freien Falten erhebt, dass die Rückenseite der Falte sich aneinanderlegt. Bei der Gattung *Escharina*, Fig. 447, finden sich ge-

Fig. 446.



Vincularia regularis. A. d. weissen Kreide. Daneben die natürliche Grösse.

Fig. 447.

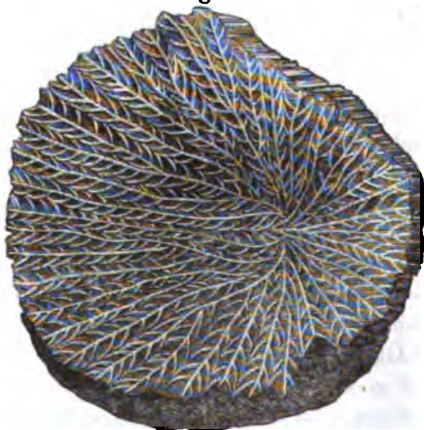


Escharina Oceani. Aus dem Cénomanien. Daneben die Masse in natürlicher Grösse.

wölbte Kalkzellen, die stets nur eine einzige Schicht bilden und horizontal oder im Quincunx gereiht sind.

§. 678. Die Familie der **Reteporiden** zeigt verschlossene, meist zerstreute Kalkzellen auf dichotomen oder netzförmig mit einander verbundenen Aesten, die einen federförmigen oder

Fig. 448.



Reteculipora obliqua. Aus der weissen Kreide. In natürlicher Grösse.

Fig. 449.



Ein Blatt, stärker vergrössert, um die Zellenreihen zu zeigen.

büschelförmigen Polypenstock bilden. Die Zellen haben eine kleine, rundliche Oeffnung, die in der Axe der Zelle steht. Bei der Gattung *Reteculipora*, Fig. 448 — 451, wird der Polypenstock aus hohen, ver-

Fig. 450.



Aeussere Fläche vergrössert.

Fig. 451.



Innere Fläche vergrössert.

ticalen Blättern gebildet, die netzförmig mit einander verbunden sind und auf deren Seiten die Zellen in senkrechten Linien geordnet stehen, so dass eine jede Zelle horizontal in die Wand eingepflanzt ist.

Zur Familie der Myriozoiden gehören baumförmige Polypenstöcke mit zahlreichen löcherförmigen Zellen, welche zerstreut auf den cylindrischen Aesten stehen und im Alter allmälig obliteriren. Bei der Gattung *Echinopora*, Fig. 452, finden sich röhrenförmige Zellen auf allen Punkten der Zweige vertheilt und in einer Kalkmasse eingebohrt, welche selbst eine löcherige Structur hat. §. 679.

Fig. 452.



Echinopora Paulini. Aus d. Albien. Daneben ein Stück vergrössert.

Unter den Brachiopoden der Kreide zeichnen wir die Gattung *Rhynchonella*, Fig. 451—455, aus, welche eine gewölbte Schale ohne Area mit §. 680.

Fig. 453.



Rhynchonella sulcata. Aus dem Néocomien. Von der Seite.

Fig. 454.



Von der Bauchschale aus.

Fig. 455.



Vom unteren Rande.

einem Deltidium besitzt und eine runde Oeffnung unter dem gebogenen Schnabel der grösseren Schale, die von einem runden Wulste umgeben ist. Die meisten Arten dieser Gattung zeigen tiefe Falten, welche von dem Schlosse ausstrahlen.

Zu der Familie der eigentlichen Terebrateln gehört die Gattung *Terebratella*, Fig. 456 — 458, welche eiförmige oder querovale flache

Fig. 456.



Terebratella Asteriana. Aus dem Albien. Von d. Bauchschale aus.

Fig. 457.



Von der Seite.

Fig. 458.



Von der Rückenschale.

Schalen, eine grosse Area und eine runde Oeffnung an der Spitze eines zweilappigen Deltidiums besitzt. Die Gattung unterscheidet sich von den eigentlichen Terebrateln durch die Anwesenheit einer Area, welche den letzteren fehlt.

§. 681. Eine besondere Gruppe bilden die Cranien, Fig. 459—461, von welchen auch einige Arten lebend vorkommen. Die kleinen Schalen

Fig. 459.



Crania Ignabergensis.
In natürlicher Grösse.

Fig. 460.



Vergrössert von der Seite.

Fig. 461.



Von oben.

Fig. 462.



Innenseite der Schale.

dieser Muscheln sind aufgewachsen, fast kreisrund, aber ungleich, indem die aufgewachsene Schale flach, die freie kegelförmig ist mit

excentrischem Scheitel. Die Unterklappe hat in der Mitte einen scharfen Vorsprung, zu dessen beiden Seiten die zwei inneren Muskeleindrücke sich finden, und am Rande gelappte Manteleindrücke. An der Oberschale fehlen der Vorsprung und die Lappenzeichnungen; sie hat, wie die Unterschale, am oberen Rande zwei kreisrunde Muskeleindrücke und in der Mitte einige unbestimmte Erhöhungen. Der Rand beider Schalen ist warzig.

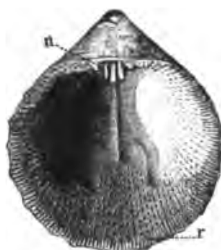
Eine ganz eigenthümliche Gruppe unter den Brachiopoden bilden §. 682.
diejenigen Gattungen, bei welchen keine eigentlichen Arme mehr vorkommen, dagegen die Ränder des Mantels ungemein entwickelt und mit langen Cirrhen versehen sind. Die Familie der Thecideen zeigt aufgewachsene kalkige regelmässige Schalen von röhriger Structur, die symmetrisch sind, ein einfaches Schloss besitzen und im Inneren einen sonderbar complicirten Apparat, der die Arme zu vertreten scheint. Die Gattung *Thecidea*, Fig. 463 — 466, selbst hat dicke, löcherige

Fig. 463.



Thecidea papillata. A. d. weissen Kreide. Von der Bauchschale aus. *e* Deltidium.

Fig. 464.



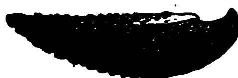
Innere Ansicht der grossen Schale. *n* Schlosszähne. *r* Mantelrand.

Fig. 465.



Innere Ansicht der kleinen Schale. *r* Gänge.

Fig. 466.



Seitenansicht.

sehr ungleichklappige Schalen, von denen die grössere untere stark gewölbt ist und einen krummen Schnabel zeigt, auf dessen Krümmung man oft eine Anheftungsfläche sieht. Das Schlossfeld ist gross, dreieckig und mit einem verwachsenen Deltidium bezeichnet, die Schlosslinie gerade, mit zwei Zähnen zur Aufnahme der kleinen Schale. Die grosse Schale besitzt innen eine vorspringende Leiste und einen Kamm

an dem Schlosse, die kleine platte Schale dagegen drei bis vier gebogene Gänge, die vom Schlosse ausgehend wieder gegen die Mittellinie sich zubiegen, dort blind enden und durch vorspringende Leisten geschieden sind.

§. 683. Eine höchst eigenthümliche Gruppe von Schalen, über deren Stellung im Systeme noch immer bedeutende Zweifel herrschen, wird durch die Familie der Rudisten oder Hippuriten gebildet, die fast immer in Bänken vereint vorkommen und aus zwei ungleichen Schalen zusammengesetzt sind. Die Muscheln sind mit der unteren Schale festgewachsen und stellen gewöhnlich einen Doppelkegel vor, dessen Hälften gerade und dutenförmig oder spiralig gebogen sind und dessen obere Hälfte von der kleineren Deckelschale gebildet wird, die zuweilen vollkommen flach ist. Die Schalen sind ungemein dick, ihre äussere Form gewöhnlich unregelmässig, wie dies bei allen Bänke bildenden Muscheln der Fall ist, die sich in ihrem Wachsthume nach dem gerade vorhandenen Raume richten müssen. Die Asymmetrie der Schale ist aufs Höchste getrieben und die ganze innere Structur weicht von dem bekannten Muscheltypen so sehr ab, dass es schwierig ist, sich eine Vorstellung von dem Thiere zu machen, zumal da die ganze Familie gänzlich auf die Kreideperiode beschränkt ist. Die untere Schale hat in ihrem Inneren vorspringende Leisten und Längsfalten, wodurch ihre Höhle in mehrere Theile getrennt wird, und da ausserdem das Thier beim Aelterwerden sich aus der Tiefe der unteren Schale immer mehr zurückzog und dieselbe durch unregelmässige Querwände ausfüllte, so entspricht die innere Höhle in ihrer Grösse durchaus nicht dem äusseren Umrisse. Trotz dieser Querscheidewände bleibt im Inneren eine Art von Scheide leer, die den Zähnen des Schlosses zum Einsatze dient. Die obere Schale ist gewöhnlich flach, deckelartig, zuweilen zipfelförmig gewunden und zeigt auf der Innenseite gewöhnlich zwei Vorsprünge, die zur Befestigung der Schliessmuskeln dienen. Ausser diesen Vorsprüngen finden sich noch zwei starke grosse Schlosszähne, welche tief in die Unterschalen eingreifen und so von der Mitte der Oberschale ausgehen, dass der Deckel nicht klappenartig bewegt werden kann, wie bei den übrigen Muscheln, sondern senkrecht auf und nieder bewegt werden musste, um die Schale zu öffnen. Die Structur der Schalen ist sehr auffallend; ihre innere Schicht, die Querscheidewände und die Vorsprünge sind aus dichter Kalkmasse gebildet, die sich leicht auflöst. Die Hauptmasse der Schale ist porös zellig oder längsfaserig, die äussere Oberfläche rauh, querblätterig und längsgerippt und von mannigfaltigen Canälen und verzweigten Röhren durchzogen, die wahrscheinlich von Mantelfortsätzen des Thieres ausgefüllt waren. Die Schalen sind sehr dick und werden durch Infiltration von Steinmasse oft ungeheuer schwer. Die Steinkerne, welche die innere Höhlung ausfüllen, sind verhältnissmässig zu der Muschel sehr klein,

bestehen aus zwei ungleichen, mit der Basis aneinandergesetzten Kegeln und wurden früher unter dem Namen *Birostrites* unterschieden. Man hat in dieser Familie jetzt etwa 90 Arten unterschieden, die in 8 Gattungen vertheilt sind.

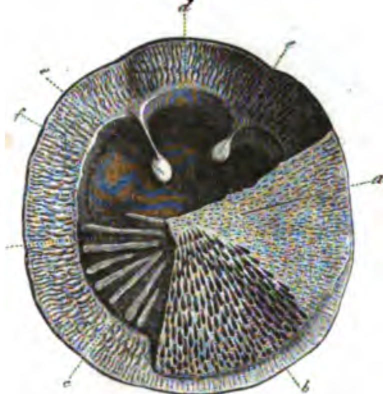
Die Gattung *Hippurites*, Fig. 467 — 469, zeigt eine grosse, conische, am Grunde spitz zulaufende, gerade oder gebogene Unterschale,

Fig. 467.



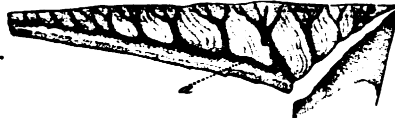
Hippurites Toucasiana. Aus d. Turonien. In ganzer Gestalt, verkleinert.

Fig. 468.



Oberfläche der Schale von *Hippurites bioculata* mit halb erhaltenem Deckel.

Fig. 469.



Durchschnitt des Deckels, um die Canäle zu zeigen.

welche mit der Spitze aufgewachsen ist und zuweilen auch seitlich mit den Nachbaren zusammenwächst. Die Schale zeigt aussen Längsrippen und Falten und innen viele unregelmässige Querwände und hat keine Canäle in ihrer Masse. Die obere Schale ist sehr flach, kaum in der Mitte erhaben und von verzweigten Canälen durchsetzt, die von innen her aufsteigen und sich auf der Aussenfläche öffnen. Auf der beigefügten Figur sieht man die Oberfläche der beiden Schalen in verschiedenen Zuständen der Verwitterung. Bei *a* zeigt sich die Oberfläche der kleineren Schale in wohlerhaltenem Zustande mit den äusseren Oeffnungen der Canäle; bei *b* ist die Oberfläche abgehoben, so dass man die grösseren Aeste der Canäle sieht, und bei *c* endlich ist die ganze poröse Schicht weggenommen, so dass man die Strahlencanäle

in der Nähe der inneren Fläche der kleinen Schale sieht. Auf dem weiteren Umkreise der Figur, und namentlich bei *d*, erblickt man verzweigte Eindrücke, welche vielleicht von Faltungen des Mantels herrühren. Mit dem Buchstaben *e* sind die beiden vorspringenden Leisten der unteren Schalen bezeichnet.

§. 684. Die Gattung *Caprina*, Fig. 470 und 471, hat ebenfalls sehr dickwandige Schalen, aber von bedeutend verschiedener Gestalt, indem die Unterklappe kegelförmig oder schief kreiselförmig, mehr oder minder lang und an der inneren Seite mit einer Längsfurche versehen ist, während die Oberschale bald mützenförmig, bald selbst spiralig gewunden ist und in ihrer Substanz unverzweigte Canäle zeigt, die sich indessen nicht auf der Aussenfläche öffnen. Die Oberschale zeigt auf ihrer Innenseite zwei grosse kreiselförmige Höhlen und einen breiten Schlosszahn, neben welchem noch ein zweiter Zahn an dem Rande der Schale steht. Die Muscheln sind so aufgewachsen, dass sie schief mit dem Nabel nach oben stehen, so dass die äussere Seite der Naht zwischen beiden Klappen nach oben gerichtet ist. Die untere Klappe füllt sich wie bei den vorigen mit Querscheidewänden aus.

Fig. 470.



Caprina Aguiloni. Aus dem Turonien.

Fig. 471.



Die kleine Schale von innen.

§. 685. In der **Austernfamilie** giebt es zahlreiche Arten, welche für die einzelnen Schichten charakteristisch erscheinen, und es erleidet der

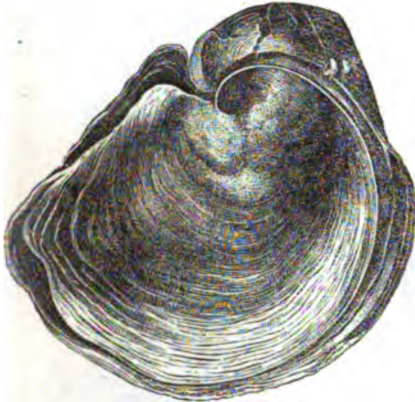
Fig. 472.



Exogyra (*Ostrea*) *aquila*.
Von oben und von der Seite. Aus den Aptmergeln.

Typus der Familie selbst insofern einige Veränderung, dass die Gryphäen, die im Jura so charakteristisch waren, grösstentheils durch Exogyren ersetzt werden, die sich dadurch von den Gryphäen unterscheiden, dass die Buckeln beider Schalen durchaus seitwärts eingerollt,

Fig. 473.



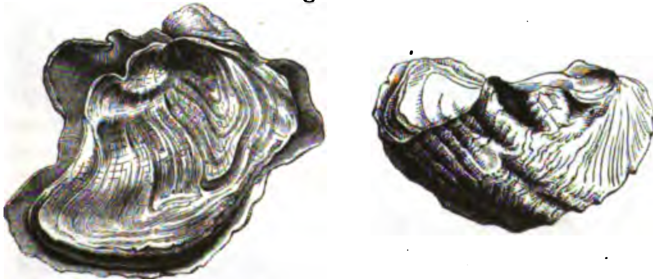
Exogyra sinuata.
Aus dem unteren Grünsand. Von oben.

Fig. 474.



Ostrea larva. Aus der weissen Kreide.
Von oben und vom äusseren Rande.

Fig. 475.



Exogyra Couloni. Von oben und von der Seite. Aus dem Néocomien.

Fig. 476.

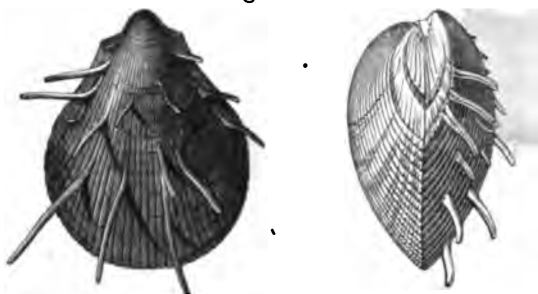


Exogyra columba. Von unten und von der Seite. Aus dem Cénomanien.

aber asymmetrisch sind, indem der Buckel der kleinen Schale kaum hervorsteht, sondern in der Fläche des Deckels selbst liegt. In ihren übrigen Charakteren unterscheidet sich die Gattung durchaus nicht von den Gryphäen, und es kann deshalb öfter zweifelhaft sein, ob eine bestimmte Muschel der einen oder der anderen Gattung angehöre.

Die Spondylen, Fig. 477, haben ungleichschalige, beiderseits geöhrte, mehr oder minder stachelige oder blätterige Schalen, deren

Fig. 477.

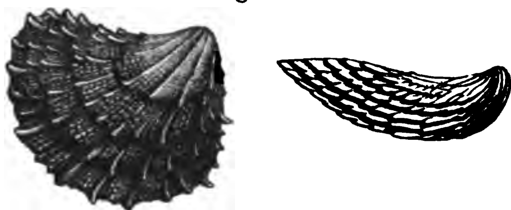


Spondylus spinosus. Aus der weissen Kreide.

linker Buckel kurz abgestutzt, der rechte aber verlängert und über den Schlossrand erhaben ist. Das Schloss hat jederseits zwei Zähne. Der einfache Muskeleindruck ist gross, rund, in der Mitte nach hinten zu gelegen, das Band findet sich in einer runden Grube oder Rinne des Schlossrandes zwischen den Schlosszähnen.

Zu den schon früher charakterisirten Plicatulen gehört eine Art, welche wir hier abbilden, Fig. 478, und die charakteristisch ist für die Plicatulenmergel.

Fig. 478.

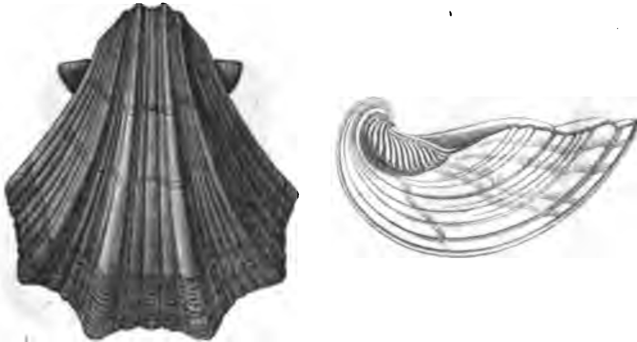


Plicatula placunea. Aus dem Aptien.

§. 686. Die Gattung *Janira*, Fig. 479, gehört zu der Familie der Kammmuscheln und hat eine rundliche Schale, die sich dadurch von den Kammmuscheln unterscheidet, dass die untere Schalenhälfte gewölbter, die obere dagegen flacher ist, während der entgegengesetzte Fall bei den Kammmuscheln statthat. Es begreift diese Gattung diejenigen Kammmuscheln, welche zu beiden Seiten einer jeden Schale zwei

fast gleich grosse Ohren und keinen merklichen Byssusausschnitt besitzen.

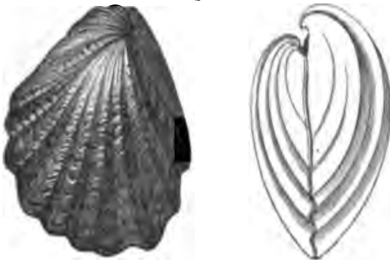
Fig. 479.



Janira atava Aus dem Néocomien. Vom Rücken und von der Seite her.

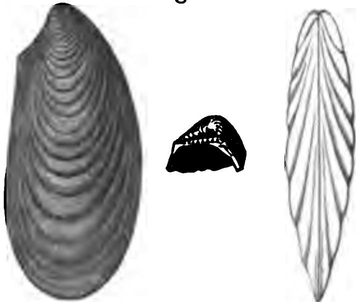
Die Inoceramen, Fig. 480 und 481, sind austernartige, unregelmässige und ungleichschalige Muscheln von fast dreieckiger Gestalt und blätterigem Baue; die Buckeln sind spitzig, stark gekrümmt und einander gegenübergestellt; das hinten gelegene Schloss ist gerade mit einer Menge von Einschnitten versehen, in denen ein vielfach getheiltes Band befestigt war. Der Muskeleindruck liegt hinten. Die äussere Schicht der Schale, welche gewöhnlich bei der Versteinerung allein erhalten bleibt, besteht aus feinen, senkrecht zur Oberfläche stehenden Fasern. Die Gattung beginnt im Lias, findet sich aber sonst nur in der Kreide und stirbt mit dieser Formation aus. §. 687.

Fig. 480.



Inoceramus sulcatus. Aus dem Albien.

Fig. 481.

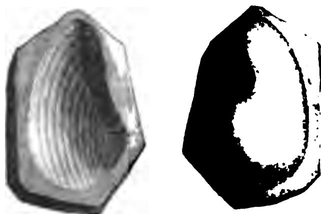


Inoceramus problematicus. Aus dem Turonien. Daneben der Buckel mit dem Schlosse.

Aus der bekannten Gattung der Trigonien bilden wir hier einige Arten ab, welche für die Bestimmung von Kreideschichten um so §. 688.

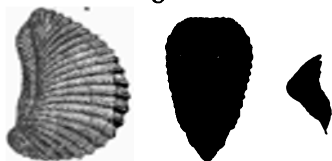
charakteristischer erscheinen, als man bis jetzt nur eine einzige Art dieser Gattung und auch diese nur äusserst selten in den Tertiärschichten gefunden hat. (Fig. 482 — 486.)

Fig. 482.



Trigonia longa. Aus dem Néocomien. Abdruck und Steinkern.

Fig. 483.



Trigonia scabra. Aus dem Turonien. Daneben das Schloss.

Fig. 484.



Die linke Schale von innen.

Fig. 485.



Der Steinkern.

Fig. 486.



Trigonia caudata. Aus dem Néocomien. Von den Buckeln aus gesehen.

Fig. 487.



Steinkern und Abguss von *Arca fibrosa*. Aus dem Albien.

§. 689. Unter den Archenmuscheln erwähnen wir eine Art, deren hier abgebildeter Steinkern häufig vorkommt. (Fig. 487.)

Das Genus *Pectunculus*, Fig. 488, dessen analoge Arten noch jetzt lebend vorkommen, hat eine runde, gleichschalige, fast gleichseitige Schale, die sich vollkommen schliesst. Das Schloss ist im Winkel gebogen, mit schiefen, durch tiefe Eindrücke getrennten Zähnen versehen. Das Schlossband liegt aussen zwischen den Buckeln; das Schlossfeld ist mit winkeligen Linien versehen. Der Manteleindruck ist ganz; die Muskeleindrücke symmetrisch an beiden Enden. Der Rand der Muschel zeigt meist feine Zähnelungen.

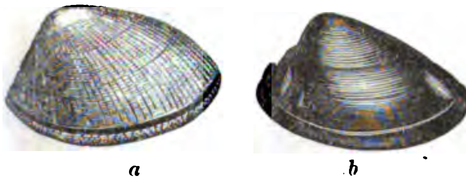
Fig. 488.



Pectunculus subconcentricus.
Aus der chloritischen Kreide.

Die verwandten Nuculen zeigen ebenfalls mehrere charakteristische Arten. (Fig. 489 und 490).

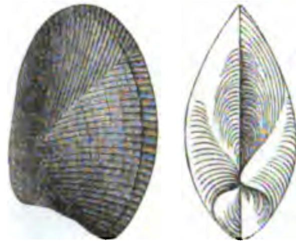
Fig. 489.



a b

Nucula pectinata. Aus dem unteren Grünsand.
a Die Muschel. *b* Der Steinkern.

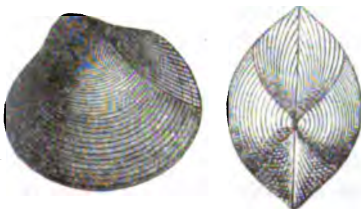
Fig. 490.



Nucula bivirgata. A. d. Albien.

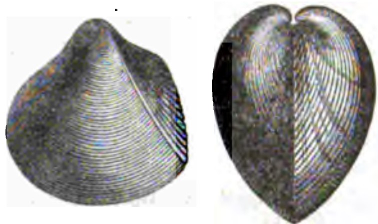
Die Herzmuscheln sind ausserordentlich zahlreich in der Kreide und zeigen mannigfaltige Formen, die zum Theil ihrer eigenthümlichen Zeichnung wegen leicht erkenntlich sind und als Leitmuscheln dienen können. (Fig. 491 und 492.)

Fig. 491.



Cardium peregrinum.
Aus dem Néocomien.

Fig. 492.



Cardium Hillanum.
Aus dem Cénomanien.

Zu der Familie der Astartiden gehört die Gattung *Crassatella*, §. 690.
Fig. 493 a. f. S., dicke, schwere Schalen mit wenig vorstehenden

Buckeln und innerem Schlossbande. Die rechte Schale hat zwei starke auseinanderweichende Schlosszähne und drei tiefe Gruben, von denen die hintere zur Aufnahme des Schlossbandes bestimmt ist. Die linke Schale hat nur einen Zahn und zwei Gruben.

Fig. 493.



Crassatella Robinaldiana.
Aus dem Néocomien.

Die Schalen des Geschlechtes *Opis*, Fig. 494, sind regelmässig, symmetrisch, gleichschalig, herzförmig, sehr dick und vollkommen geschlossen. Die Buckeln sind sehr gross und vorstehend; das Schloss sehr complicirt; links aus einem grossen, zusammengedrückten, drei-

Fig. 494.



Opis elegans. Aus der chloritischen Kreide.
a Die ganze Muschel von hinten.
b Die linke Schale mit dem Schlosse von innen.
c Die Muschel von der Seite.

eckigen Zahne und einer engen, tiefen Rinne, rechts aus einer entsprechenden Höhle nebst einem Zahne gebildet. Es finden sich drei Muskeleindrücke, zwei vorn, einer hinten. Sie finden sich nur in jurassischen und Kreideschichten.

§. 691. Zu der grossen Gruppe der mit Athemröhren versehenen Muscheln, welche deshalb eine Bucht an dem Manteleindrucke besitzen, gehört die Familie der **Venusmuscheln**, welcher man die Gattung *Thetis*, Fig. 493, zugesellt. Keine andere Gattung hat eine so ungeheuer tiefe Mantelbucht, welche sich bis zwischen die Buckeln erstreckt. Die Muscheln selbst gleichen sehr den Venus- oder Herzmuscheln, sind dünnschalig, gleichklappig, rundlich gewölbt, haben kleine Buckeln, ein äusserliches Schlossband und drei bis vier zugespitzte Schlosszähne, von denen die vorderen grösser sind.

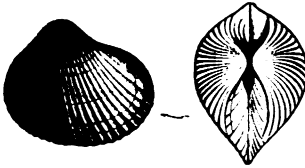
Die Familie der Myen hat besonders in den aus Schlamm hervor-

Fig. 495.



Thetis laevigata. Von den Buckeln, von der Seite und Umriss des Steinkernes, um die grosse Mantelbucht und den Muskeleindruck zu zeigen.

Fig. 496.

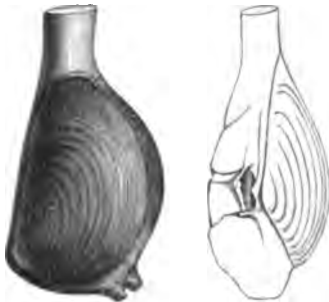


Pholadomya aequivalvis. Aus der weissen Kreide.

gegangenen Schichten der Kreide viele Arten geliefert. (Fig. 496.)

Die Ordnung der Röhrenmuscheln, welche an die Schnecken am nächsten herantritt, beginnt erst in den Kreideschichten, um bis auf unsere Zeit zuzunehmen. Der Mantel ist bei diesen Thieren zu einem vollständigen langen Sacke geschlossen, der nach allen Seiten hin die Muschel bedeutend überragt, so dass das Thier die Gestalt eines rundlichen Wurmes hat. Meist ist dieser Mantel nach hinten in eine lange Röhre ausgezogen und zuweilen sondert er auf seiner Oberfläche eine dünne Kalklage ab, die einen hohlen Cylinder bildet, in welchem das Thier steckt. Die Schalen dieser Muscheln sind sehr dünn, gewöhnlich gerippt und haben meist kein deutliches Schloss. Bei vielen Gattungen erscheinen sie nur als unbedeutende Anhängsel des Thieres oder der Kalkröhre, von welcher es eingeschlossen ist. Bei der Familie der Siebmuscheln (*Aspergillida*) ist der Fuss gänzlich rudimentär, die Schalen ganz oder theilweise in die den Körper umgebende Kalkröhre eingenietet, und das vordere Ende der Kalkröhre mit siebförmigen Röhrenöffnungen besetzt. Bei der Gattung *Clavagella*, Fig. 495, ist die eine Schale frei, die andere in die Kalkröhre verschmolzen, die vorn ziemlich breit wird und am Mundende mit einigen kurzen Röhren besetzt ist. Es stecken die Muscheln im Sande, das Afterende der Kalkröhre nach oben gerichtet. §. 692.

Fig. 497.



Clavagella cretacea. A. d. weissen Kreide. Von der Seite und dem Schlossrande aus.

Aus schon früher erwähnten Gattungen der Gasteropoden bilden §. 693.

wir hier einige leicht kenntliche, weit verbreitete charakteristische Arten der Kreide ab. (Fig. 498 — 503.)

Die Rostellarien, Fig. 504, bieten eine sehr leicht kenntliche Form von Schnecken. Die Schale ist lang, thurmförmig, endet in einen langen, spitzen, meist geraden Canal aus; die äussere Lippe ist gross, flügelförmig ausgebreitet, meist nach der Schalenspitze hin ausgezogen,

Fig. 498.



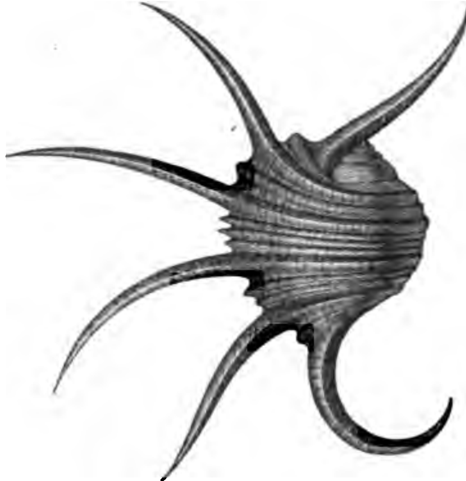
Natica lyrata.
Aus der chloritischen Kreide.

Fig. 499.



Turbo plicatilis.
Aus dem Néocomien.

Fig. 500.



Pterocera Oceani. Aus dem Néocomien.

Fig. 501.



Pleurotomaria Fleuriausa.

Fig. 502.



Pleurotomaria Santonensis.
Aus dei weissen Kreide.

aber ohne weitere Zähnelungen. Sie ziehen sich von den oberen jurassischen Schichten bis in die Jetztwelt fort, bieten aber in der Kreide viele leicht kenntliche Arten.

Fig. 503.



Pleurotomaria neocomensis.
Aus dem Néocomien.

Fig. 504.



Rostellaria Parkinsoni.
Aus dem Gault.

Fig. 505.



Voluta elongata.
Aus dem Turonien.

Die Familie der Faltenschnecken (*Volutida*) zeigt schwere, meist thurmförmige Gehäuse mit vorspringender Spindel, ovaler Mundöffnung, die vorn ausgeschnitten ist und einen platten Lippenrand und wulstigen Spindelrand besitzt. Die Gattung *Voluta*, Fig. 505, selbst hat eine ovale, langgezogene bauchige Schale und Falten auf der Spindel, die kurz und durch eine Art Knopf geendigt ist. §. 694.

Fig. 506.



Fucus neocomiensis.
Aus dem Néocomien.

Ihnen nahe stehen die Spindelschnecken (*Fusida*) mit langer spindelförmiger Schale, die in der Mitte birnförmig aufgewulstet und gewöhnlich mit einem langen Canale versehen ist. Der Aussenrand der Mundöffnung ist stets scharf, der Spindelrand glatt oder mit nur niedrigen Falten versehen. Bei der Gattung *Fusus*, Fig. 506, selbst ist §. 695.

die Columella vollkommen glatt und der Lippenrand ohne Ausschnitt.

§. 696. Zu der Familie der **Kreiselschnecken** (*Trochida*) gehört die Gattung *Phorus*, Fig. 507, welche conische Schalen ohne Perlmutter

Fig. 507.



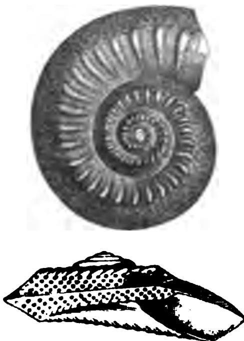
Phorus canaliculatus.
Von der Seite und von unten, um den Nabel zu zeigen.

besitzt und deren Mundöffnung am Spindelrande stark aufgeschnitten ist. Sie kleben meist fremde Körper an diese Mundöffnung an und schliessen sie dadurch zum Theil.

Derselben Familie gehört die Gattung *Solarium*, Fig. 508, an, deren rundliche Schalen so sehr niedergedrückt sind, dass sie fast in einer Ebene gewunden scheinen und einen weit offenen trichterförmigen Nabel besitzen. Die Mundöffnung ist viereckig oder rundlich und der Nabel meist im Umkreise gekerbt.

§. 697. Unter den Gasteropoden der Kreide bilden namentlich die **Acteonellen**, Fig. 509 und 510, ein sehr charakteristisches Geschlecht, indem

Fig. 508.



Solarium ornatum.
Aus dem Albien.

Fig. 509.



Acteonella crassa.
Aus der dritten Rudistenzone.
(Chlorit. Kreide.)

Fig 510.



Acteonella laevis.
Aus dem Turonien.

sie bis jetzt einzig in der oberen Kreide gefunden worden sind, und weder in den unteren Kreideschichten, noch in den tertiären Gebilden

vorkommen. Es sind glatte, längliche oder bauchige Schnecken mit sehr kurzer Spindel, deren Mundöffnung fast so lang ist als die ganze Schnecke, aber sehr eng, namentlich nach oben hin. Die Columella hat an ihrem Mundrande drei dicke, vorstehende Wülste; die äussere Mundlippe ist dünn und scharf.

Diesen Gattungen stehen die Pterodonten, Fig. 511, sehr nahe; ovale dickbäuchige Schalen mit conischer Spindel, ovaler Mundöffnung, wenig erweitertem Lippenrande mit ganzen Rändern und einem kurzen vorderen Canale. Der Spindelrand trägt innen einen starken Zahn oder Vorsprung, der auf dem Steinkerne einen Eindruck hinterlässt.

Fig. 511.



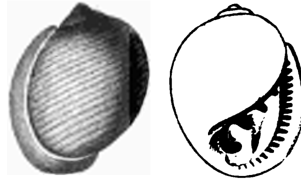
Pterodonta inflata.
Aus dem Cénomanien.

Fig. 512.



Avellana incrassata.
Aus dem Gault.

Fig. 513.



Avellana cassis.
Aus dem Cénomanien.

Die Avellanen, Fig. 512 und 513, sind kurze, bauchige Schneckenschalen mit sehr kurzer Spindel und halbmondförmiger Mundöffnung, deren äussere Lippe sehr dick, aufgewulstet und meist gezähnelt ist, während der innere Columellarrand drei bis vier starke, vorspringende Zähne hat. Sie haben meist quere Streifen oder punktirte Reifen und kommen in allen Schichten der Kreide, aber auch nur in der Kreide vor.

Von dem bekannten Geschlechte der Nerineen bilden wir hier eine Art ab, Fig. 514, die bei der Mündung die Schale, weiter nach oben den Steinkern zeigt.

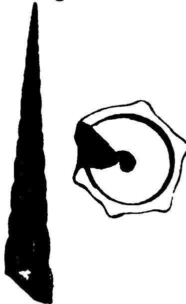
Die Gattung *Turritella*, Fig. 515, beginnt erst in der Kreide, um sich bis auf unsere Epoche fortzusetzen. Die Schalen sind lang, thurmförmig, mit eckigen oder runden Windungen, die Mundöffnung rund oder viereckig, der Lippenrand meist in der Mitte etwas vorgezogen, der Nabel gewöhnlich sichtbar.

Fig. 514.



Nerinea bisulcata.
A. d. weissen Kreide.

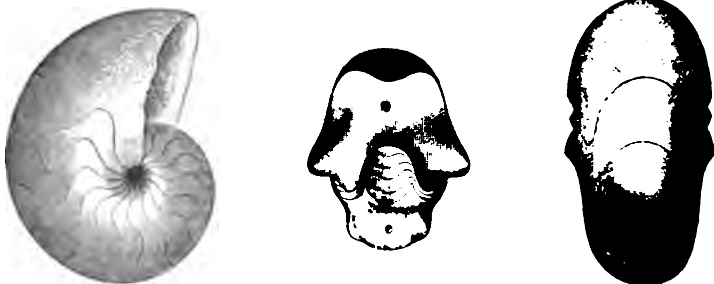
Fig. 515.



Turritella angulata.
Aus dem Néocomien.
Daneben die Ansicht von unten, um Oeffnung und Nabel zu zeigen.

§. 698. Die Cephalopoden der Kreide zeichnen sich vor allen denen der secundären Gebirgsschichten durch eine grosse Mannigfaltigkeit in der Art ihrer Aufrollung aus, wodurch die Aufstellung mehrer Geschlechter nöthig wurde, die für die Kreideschichten durchaus charakteristisch sind. Die Ammoniten und Nautilen finden sich noch immer in grosser Menge und oft sehr bezeichnenden, leicht zu erkennenden Arten; die

Fig. 516.



Nautilus Danicus. Aus der oberen Kreide von Faxoe.

Nautiliden oder Cephalopoden mit einfach gewellten, ungefranzten Kammerwänden zeigen auch nur die einzige Form der Nautilen mit übergreifenden Windungen, die in demselben Plane liegen, während die Ammonitiden oder Cephalopoden mit gefranzten Kammerwänden, die in der Kreide endigen, die sogleich zu erwähnenden, abweichenden Formen darbieten. Es bietet dies Verhältniss ein sehr merkwürdiges Seitenstück zu demjenigen der Nautiliden; diese beginnen in den paläozoischen Gebilden mit ähnlichen abnormen Formen der Aufrollung, mit welchen die Ammonitiden in der Kreide endigen, und die Hamiten, Baculiten u. s. w. sind in zoologischer Hinsicht die Repräsentanten der Lituiten, Phragmoceren und Orthoceren der älteren Gebilde.

Fig. 517.



Crioceras Duvalii.
Aus dem Néocomien.

Den eigentlichen Ammoniten am nächsten steht das Genus *Crioceras*, Fig. 517. Sie haben ebenso gefranzte Kammerwände, dieselbe regelmässige, spiralige Aufrollung in einer Ebene, denselben dorsalen Sipho. Sie unterscheiden sich nur dadurch von den Ammoniten, dass ihre Windungen durchaus frei von einander sind und sich nirgends berühren. Sie unterscheiden sich durch

diesen Charakter sehr leicht von den Ammoniten, und da sie bis jetzt nur im Néocomien und im Gault gefunden wurden, so dienen sie trefflich zur Charakteristik der unteren Kreide.

Die Toxoceren bilden eine Art Horn, das eine regelmässige Biegung besitzt, aber nie bis zu einer vollständigen Spirale auswächst. Die erste Kammer, worin das Thier wohnte, ist sehr gross, der Sipho dorsal, die Kammerwände in sechs Loben gefranzt. Sie haben sich bis jetzt nur in dem Néocomien gefunden. (Fig. 518.)

Fig. 518.



Toxoceras bituberculatus.

Fig. 519.



Scaphites Ivanii.
Aus dem Néocomien.

Die Scaphiten (Fig. 519) gleichen in der Jugend durchaus den Ammoniten, indem ihre Schale eine in derselben Ebene aufgerollte Spirale darstellt, deren Windungen über einander greifen. Im Alter aber streckt sich die Schale gerade aus, und nachdem sie in dieser Richtung eine gewisse Länge erlangt hat, biegt sie sich von Neuem nach innen um. Dieser nach innen umgebogene Theil besitzt nie Querscheidewände; er bildete die letzte Kammer, in welcher das Thier wohnte. Der Sipho ist dorsal. Die Schale stellt demnach einen Ammoniten vor, dessen vorderes Ende gestreckt und hakenförmig umgebogen ist.

Die Ancyloceren, Fig. 520, unterscheiden sich von den Scaphiten nur dadurch, dass der spiralig aufgewundene Theil der Schale freie Windungen hat, die sich nicht berühren. Sie verhalten sich demnach zu den Scaphiten, wie die Crioceren zu den Ammoniten.

Fig. 520.



Ancyloceras Matheronianus. Aus den Aptmergeln.

Die **Hamiten**, Fig. 521, haben eine durchaus unregelmässige Schale, die in einer sehr langen, schmalen, elliptischen Linie gebogen

Fig. 521.



Hamites attenuatus. Aus dem unteren Gault.

ist. Sie beginnen fast gerade, biegen sich dann plötzlich hakenförmig um, setzen sich fast in gerader Linie wieder fort, biegen von Neuem im Haken um und so fort, ohne dass je die einzelnen Windungen, die in derselben Ebene liegen, sich berühren. Man hat noch nicht mehr als drei Hakenbiegungen gefunden, aber noch keinen Hamiten mit vollständig erhaltener Mundöffnung gesehen.

Die **Ptychoceren** unterscheiden sich von den Hamiten durch einen sehr bestimmten Charakter. Die Hakenbiegungen der Schale nämlich berühren sich und wachsen mit einander zusammen, während sie bei den Hamiten frei sind.

Die **Baculiten**, Fig. 522, endlich sind durchaus gerade wie die Orthoceratiten; aber sie besitzen gefranzte Scheidewände. Die letzte Kammer ist meist sehr gross; die Endigung der Schale ganz spitz, aber selten erhalten. Es ist ein regelmässiger, sehr lang

Fig. 522.



Baculites anceps. A. d. weissen Kreide.

Fig 523.



Turrilites catenatus. Aus dem Albien.

Fig. 524.



Derselbe von oben, um den Nabel zu zeigen.

ausgezogener Kegel, der nach oben eine zungenförmig ausgeschweifte Mundöffnung hat. Der Sipho ist dorsal.

Alle bisher erwähnten Cephalopoden kommen darin mit einander überein, dass sie eine Schale besitzen, die in derselben Ebene aufgerollt ist. Es giebt aber auch in der Kreide gekammerte Schalen mit gefranzten Querwänden, welche schief aufgewunden sind, so dass sie kegelförmige Schneckengänge bilden, welche man deutlich von aussen wahrnehmen kann, und die einen ziemlich weiten, durchbohrten Nabel zwischen sich lassen. Man nannte früher alle diese gekammerten Thurmschnecken Turriliten (Fig. 523 und 524); hat aber jetzt unter dem Namen *Helicoceras* diejenigen Arten abgeschieden, deren Windungen einander nicht berühren, während die ächten Turriliten berührende oder selbst übergreifende Windungen haben.

Fig. 525.

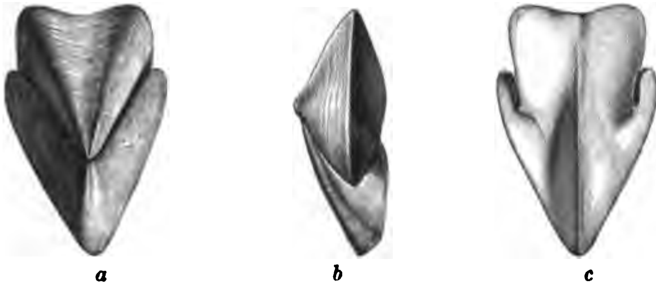


Belemnitella mucronata. Aus der weissen Kreide.

§. 699. Die weisse Kreide besitzt eine eigene Art von Belemniten, die am vorderen Rande des Körpers einen durchgehenden Schlitz besitzen, der bis zur Alveole dringt, und an dem Rücken zwei seitliche Eindrücke. Man hat diese Belemniten als Subgenus unter dem Namen *Belemnitella*, Fig. 525, getrennt. Sie charakterisiren die weisse Kreide.

§. 700. Man findet in der Kreide nicht minder wie in den jurassischen Schichten Schnäbel von fossilen Tintenfischen, welche den Schnäbeln der jetzigen Sepien sehr ähnlich sehen, und hat unter dem Namen *Rhynchotheutis*, Fig. 526, dreieckige Schnäbel unterschieden,

Fig. 526.



Rhynchotheuthis Astieriana.
a Von vorn. *b* Von der Seite. *c* Von hinten.

welche oben convex, unten concav und aus zwei Theilen gebildet sind, einem vorderen dreieckigen und scharfen, der zum Kauen diente, und einem hinteren breiteren, in zwei Flügel ausgezogenem Theile, welcher in den Muskelmassen stak.

§. 701. Die Fische der Kreideformation bieten ein eigenthümliches Interesse dar, weil die Formen, welche sie charakterisiren, gewissermaassen ein Bindeglied zwischen denjenigen der früheren Schichten und den jetzt lebenden darstellen.

Die Knorpelfische zeigen noch manche von den jetzt lebenden abweichende Gestalten, neben anderen, die sich genau den Haien unserer Zeit anschliessen. Von den Ptychoden, Fig. 527, kennt man die viereckigen, breiten Zähne, deren Krone weit breiter ist, als die Wurzel,

Fig. 527.



a b

Zahn von *Ptychodus latissimus*. Aus der weissen Kreide.
a Von oben. *b* Von der Seite.

so dass der Zahn, von der Seite gesehen, etwa das Bild eines massiven Schwammes mit seinem Stiele bildet. Die Krone ist in der Mitte höckerartig erhaben und auf dem Höcker zeigen sich tiefe, parallele, schneidige Falten, die überall glatt sind, öfter aber sich abgenutzt zeigen und dann eine glatte Kaufläche bieten. Die Umgebung der Krone ist mehr oder minder fein granulirt. Dieselben Fische, welche solche Zähne hatten, trugen dicke Stacheln, die aus einzelnen Längsrippen zusammengefügt scheinen, deren Näthe man gut unterscheiden kann. Der Vorderrand dieser Stacheln ist höckerig, und die Höcker gehen auf den Seiten in breite, quere Rippen über. Da die Ptychoden bis jetzt nur in der Kreide gefunden werden, so geben sie ein vortreffliches Kennzeichen für dieselbe ab.

Flossenstacheln solcher Haie, welche einen Stachel als ersten Strahl der Rückenflosse trugen, kommen nicht selten vor. Wir bilden hier einen solchen von der Gattung *Hybodus* ab, Fig. 528, welche mit der Kreide erlischt.

Fig. 528.



Hybodusstachel. Aus dem Néocomien.

§. 702. Von ächten Haien findet man zahlreiche Zähne in der Kreide. Alle diese Zähne haben eine mehr oder minder platte, scharfschnei-

dende Krone, die auf einer abgerundeten, schwammigen Wurzel ruht. Man hat viele Geschlechter unterschieden. Bei den Otodusarten, Fig. 529, findet sich eine dreieckige, spitze, scharfschneidende Krone mit ungezähnelten Rändern, und zu beiden Seiten der Krone kleine Ohren oder Nebenkronen von sehr wechselnder Gestalt; die Zähne sind höher als breit; bei den Corax, Fig. 530, im Gegentheil ist die Krone breit, aber niedrig, gezähnelt an ihren scharfen Rändern, und der Zahn ausserdem innerlich ganz massiv.

Fig. 529.



Otodus appendiculatus.

Fig. 530.



Corax pristodontus.

Beide aus der weissen Kreide.

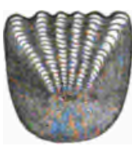
Unter den Knochenfischen haben nicht mehr die Ganoiden mit den eckigen, emaillirten Knochenschuppen die Oberhand, sondern man findet nun auch Ctenoiden- und Cycloiden-Fische mit Schuppen, die denen unserer gewöhnlichen Flussfische, z. B. der Barsche und Karpfen, zum Theil gleichen. Die Schuppen der Ctenoiden, Fig. 531, sind an ihrem hinteren Rande gezähnelt, wie eine Säge; die der Cycloiden, Fig. 532, dagegen glatt. Im Uebrigen gleichen sich die Schuppen dieser beiden Ordnungen von Fischen vollkommen. §. 703.

Fig. 531.



Schuppe eines Ctenoiden.

Fig. 532.



Schuppe eines Cycloiden.

Fig. 533.



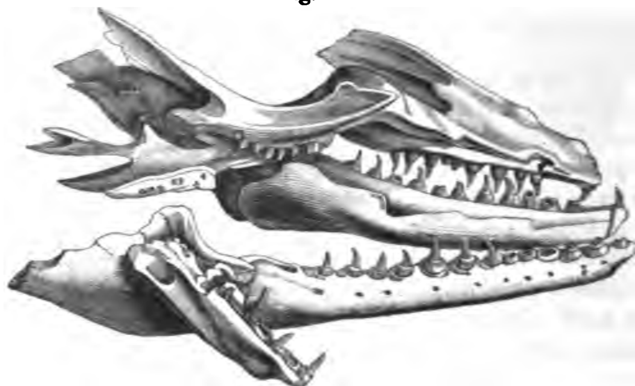
Vergrösserte Schuppe v. *Beryx microcephalus.* Aus der weissen Kreide.

Die Beryxarten, Fig. 533, welche mit einigen anderen Geschlechtern eine eigenthümliche Gruppe unter den Percoiden bilden, haben nur eine Rückenflosse, vorn aus Stacheln, hinten aus weichen Strahlen gebildet, die einander an Höhe gleich sind, mehr als fünf Kiemenhautstrahlen, einen grossen Kopf mit gezähnelten Kämmen und Leisten und einen sehr breiten, platten Körper. Die Schuppen sind gross, rundlich und hinten sägeförmig gezähnelt, so dass der Rand wie mit Palissaden besetzt aussieht.

§. 704. Unter den **Reptilien** der Kreidezeit zeichnen sich, ausser einigen gewöhnlichen Crocodilen, mehre riesenmässige Eidechsengeschlechter aus, die mit den Crocodilen zwar einige Züge gemein haben, aber sonst den Warneidechsen (*Monitor*) und Leguanen (*Iguana*) unserer Zeit weit näher stehen.

Hierher gehört vor allen Dingen das grosse Thier von Mastricht, von welchem fast das ganze Skelett in dem Petersberge bei Mastricht gefunden wurde. Es wurde 24 und mehr Fuss lang; der Kopf, Fig. 534, misst allein beinahe 4 Fuss in der Länge; die Schnauze ist gestreckt; die Gelenkfläche des Unterkiefers ausgehöhlt; die Zähne zusammengedrückt kegelförmig, innen derb, aussen etwas gereift; ihre

Fig. 534.



Mosasaurus Hofmanni. Aus der Mastrichter Kreide.
Stück vom Schädel, bestehend aus dem rechten Unterkiefer, der zahntragenden Hälfte des linken Unterkiefers und der fast vollständigen linken Oberkinnlade. Das vordere Ende des zerbrochenen rechten Oberkiefers liegt auf dem rechten Unterkiefer quer über.

Kanten ungezähnelt. Die Zähne sitzen auf knöchernen Sockeln, an deren innerer Seite die Gefässe und Nerven durch ein Loch eindringen, um sich zum Zahne zu begeben. Diese Sockel, die fest mit dem Unterkieferknochen zusammenhängen, sind von runden, grubenartigen Vertiefungen, wie Zahnhöhlen, umgeben und waren im Zahnfleische verborgen. Die Wirbel waren vorn concav, hinten convex; während die meisten Juracrocodile noch biconcave Wirbel hatten. Das Thier hatte, nach der Beschaffenheit der hinteren Wirbel zu schliessen, einen breiten, flachgedrückten Ruderschwanz, wie die Crocodile, und war demnach, wie diese, geeignet, in grossen Flussmündungen zu leben.

§. 705. Schon bei den Juraschichten erwähnten wir der Ueberreste mannigfacher Arten von **Schildkröten**, die namentlich in den Portlandschichten von Solothurn, sowie in dem Wäldergebirge Englands häufig vorkommen. Wir bilden hier den Rückenpanzer einer ächten Seeschildkröte ab, welche sich in dem Cénomanien findet.

Die Cheloniden oder Seeschildkröten, Fig. 535, unterscheiden sich bekanntlich von allen anderen Schildkröten wesentlich durch die Structur

Fig. 535.



Chelonia Benstedi. Aus dem Cénomanien.

ihrer Füsse, welche zu breiten platten Rudern umgewandelt sind, und durch die Structur des Schildes, welches platt und breit ist und keinen hinlänglichen Raum zur vollständigen Bergung der Füsse und des Kopfes gestattet.

Einiges über die secundären Gebilde im Allgemeinen.

Die secundäre Periode, in welcher wir drei Hauptgruppen, die §. 706.
Trias, den Jura und die Kreide, unterschieden haben, bietet in ihrem gesammten Verhalten eine Menge von Uebergangspunkten dar, wodurch die älteren paläozoischen Gebilde sich an die neueren Tertiärformationen anschliessen.

Die Epoche der Trias wiederholt in gewissem Sinne die Periode des rothen Todtliegenden, des Zechsteines und des Vogesensandsteines. Auch hier finden sich mächtige Sandablagerungen, mit Thonschichten untermischt, als Zeugen lange andauernder Zerstörungen älterer fester Gesteine; auch hier wiederholt sich die Einlagerung eines gleichförmigen Kalkniederschlags zwischen diesen Sandschichten, und es zeigt sich, wenn auch in veränderter Gestalt und vielleicht geringerer Intensität, derselbe Einfluss chemischer Agentien, welche die Bildung von Gypsen, Dolomiten und anderen Einflüssen dieser Art bedingt haben. Die Sandsteine sind offenbar Erzeugnisse der Zerstörung, Verkleinerung und Wegführung älterer Gesteine, die auf dem Boden des Meeres abgesetzt wurden; davon zeugen die mannigfachen Conglomerate, die in den Sandsteinen selbst eingeschlossenen Kalksteine und grösseren Fragmente, die zuweilen von den unmittelbar darunter liegenden Gesteins-

schichten herrühren; davon zeugen namentlich auch die fossilen Einschlüsse. Die Sandsteine enthalten sehr häufig Vegetabilien, Holz, fossile Stämme und Pflanzen, deren Standort nothwendig auf festem Lande gesucht werden muss. Der bunte Sandstein enthält fast nur solche vegetabilische Landpetrefacten; der Keuper neben Land- und Seereptilien, neben Meeresschnecken und Muscheln eine bedeutende Menge vegetabilischer Ablagerungen. Alle diese Erscheinungen beweisen mit Bestimmtheit, dass die Sandsteine Resultate gewaltiger, langandauernder Ueberschwemmungen der bestehenden Inseln und Continente waren, deren Trümmer auf mechanische Weise weggespült und im Wasser schwebend erhalten wurden, bis sie sich endlich niederschlugen. Aus demselben Grunde aber darf man auch erwarten, dass eine grosse Mannigfaltigkeit nicht nur unter den verschiedenen Schichten, sondern auch in der horizontalen Ausbreitung einer und derselben Schicht sich finden müsse, und dies ist auch in der That der Fall. Nichts ist gewöhnlicher im bunten Sandsteine z. B., als dieselbe Schicht in ihrer Ausbreitung mehrmals in Sand, Mergel, Thon und Conglomerat umsetzen zu sehen.

§. 707. Neben diesen mechanischen Einflüssen, welche zur Zeit der Trias auf den Niederschlag der verschiedenen Schichten gewirkt haben mögen, dürfen indess die chemischen Actionen nicht vernachlässigt werden, die, wie schon bemerkt, auch hier eine bedeutende Rolle gespielt haben müssen. Die grossen Salzlager, welche die Trias überall mit sich führt, verdienen hier vor Allem unsere Aufmerksamkeit. Auf den ersten Blick scheinen dieselben eine genügende Erklärung in der Annahme zu finden, dass die Meere, in welchen sich die Trias absetzte, austrockneten und ihren Salzgehalt so auf dem Boden zurückliessen, wie etwa jetzt die Salzmeere an den Küsten, namentlich wärmerer Klimate. Diese Ansicht wird um so wahrscheinlicher, als die Pflanzen der Trias, namentlich die baumartigen Farren und araucarienähnlichen Nadelhölzer offenbar auf eine tropische Temperatur hindeuten, welche während der ganzen Dauer dieser Periode sich forterhielt. Wir haben in unseren Zeiten Beispiele, dass in Gegenden, welche früher offenbar Meeresgrund waren und die auch jetzt noch, obgleich trocken gelegt, unter dem Meeresspiegel sich befinden, dass in solchen Gegenden der Salzgehalt des Bodens bedeutend ist. Der Salzgehalt des Mittelmeeres ist grösser als der aller anderen Meere, weil die Verdunstung in ihm bedeutender ist, als die Zuführung süssen Wassers, und nur die Verbindung mit dem Ocean ist es, die das Niveau dieses Binnenmeeres auf seiner Höhe erhält. Würde durch irgend eine Hebung des Meeresbodens zwischen Gibraltar und der Nordspitze von Afrika diese Verbindung aufgehoben und in gleicher Weise der Hellespont zu einer Landenge verwandelt, so müsste das Mittelmeer allmälig in seinem Niveau sinken und nach einer Reihe von Jahrtausenden vielleicht statt eines Salzmeeres eine Depression übrigbleiben, deren Boden durchaus mit

Salz geschwängert wäre. In der That finden wir auch viele Salzseen, die durch Abdunstung solcher Meere entstanden und deren Gehalt sich durch stets fortgesetztes Auslaugen des Bodens und Abdunsten des Wassers erhält. Obgleich das Wasser dieser Seen fast ganz der Mutterlauge des Meersalzes gleicht, indem das Bittersalz darin vorherrscht, so findet doch namentlich der Unterschied von den triasischen Ablagerungen statt, dass Gyps stets nur zerstreut, Dolomit aber niemals bei diesen Massen vorkommt.

Noch andere Schwierigkeiten dürften sich der Anwendung dieser §. 708.
Hypothese auf die Salzlager der Trias entgegenstellen. Vor allen Dingen steht hier der fast gänzliche Mangel an Fossilien im Steinsalze überhaupt und im triasischen insbesondere entgegen. Ein ausgetrockneter Meeresboden würde eine ungeheure Menge von Petrefacten aller Art enthalten, von denen sich im triasischen Salze nur seltene Spuren zeigen. Dagegen ist die stete Vergesellschaftung des Steinsalzes mit Gyps, Anhydrit und Dolomiten ein um so beachtungswertheres Phänomen, als diese Mineralien in vielen Fällen, wenn nicht überall, als Folgen plutonischer Einflüsse auftreten und die Steinsalz- und Anhydritmassen der Trias oft nicht in Schichten, sondern in stockförmigen ungeschichteten Massen auftreten. Ja, es scheint fast, als ob die Gegenwart von Steinsalz in der Trias nothwendig die von Anhydrit und Gyps bedinge, und somit beide einem und demselben chemischen Processe ihre Anwesenheit verdanken. Welcher Art dieser Process gewesen sei, ob eine Sublimation von Substanzen aus dem Inneren, ob eine einfache Wechselwirkung zwischen Materien, die im Wasser aufgelöst waren, kann vor der Hand nicht entschieden werden; — so viel bleibt wahrscheinlich, dass die Salzmassen nicht einem einfachen Abdunsten der vorhandenen Meere zugeschrieben werden können. Der Mangel chemischer Untersuchungen im Grossen und in ihrer Anwendung auf die Geologie tritt hier besonders fühlbar entgegen. Unter gewissen Verhältnissen schlägt sich der schwefelsaure Kalk aus wässerigen Lösungen nicht als wasserhaltiger Gyps, sondern als wasserfreier Anhydrit nieder, wie namentlich in den Pfannensteinen der Salzsoolen, und vergleicht man das Steinsalz mit dem aus den Soolen gewonnenen Salze, den Pfannenstein mit dem den Thonen beigemengten Gypse und Anhydrite, so ergiebt sich eine solche Aehnlichkeit, dass man nur noch chemische Thatsachen zur Erklärung der Dolomitbildung nöthig hätte, um wahrscheinlich zu machen, dass die triasischen Salzlager nicht nur ihre Entstehung dem Niederschlage aus abdunstenden Meeren, sondern auch ihre stockartige Form den Aeonen hindurch fortgesetzten Einwirkungen stark salzhaltiger Mutterlaugen auf geschichtete Kalklager verdankten.

Diesen Ansichten treten aber wieder einige Ergebnisse der Paläontologie entgegen. Die Untersuchung der paläozoischen Fische thut auf das Ueberzeugendste dar, dass die nächsten Verwandten der dama-

ligen Bewohner der Meere, die jetzt noch leben, die Knochenhechte, der Bichir, die Amia-Arten und Störe nur Bewohner des süssen Wassers, nicht aber der Meere sind, und es scheinen somit diese Fische darauf hinzuweisen, dass der Salzgehalt der Meere in der paläozoischen Zeit nicht so bedeutend, der Unterschied zwischen süssem und gesalzenem Wasser nicht so gross war, als in unseren Tagen. Die Paläonisken der sicherlich ungesalzenen Binnenbecken aus der Kohlenzeit stimmen mit denjenigen der Kohlenmeere sehr nahe überein, und es ist demnach der eben berührte Schluss wohl gerechtfertigt. Wenn aber dies wirklich der Fall sein sollte, so darf vielleicht angenommen werden, dass erst in der Secundärperiode die Meere ihren Salzgehalt erhielten, und dass die salzige Beschaffenheit unserer jetzigen Meere vielmehr davon herrühre, dass das Wasser Salz von diesen ungeheuren Ablagerungen auflöste, statt dass man die Ablagerung eben der Austrocknung schon früher vorhanden gewesener Salzmeere zuschriebe. Alle diese Ansichten fallen aber mehr oder minder in das Reich der Hypothese; denn wenn auch die angegebenen Verhältnisse zwischen den paläozoischen und lebenden Ganoiden vollkommen richtig und begründet sind, so darf nicht vergessen werden, dass es auch jetzt noch viele Familien und Geschlechter sehr nahe verwandter Fische giebt, von denen die einen im süssen, die anderen im salzigen Wasser leben, und dass die anderen paläozoischen Petrefacten, die Seelilien und Polypen, die Muscheln und Schnecken ihre Verwandten jetzt nur in dem Meere finden.

§. 709. Mit dem Aufhören des Keupers und dem Beginnen der jurassischen Zeit finden wir Verhältnisse, die schon denjenigen der unserigen näher rücken. Die chemischen Einflüsse treten bedeutend zurück; nur an einzelnen Orten entwickeln sie sich mächtiger, aber immer doch nur in beschränkter Ausdehnung. So ist die Dolomitisation einiger Schichten im fränkischen Jura nur eine vereinzelte Erscheinung, und im Ganzen genommen bieten die Jura-Niederschläge das Bild noch jetzt, welches sie unmittelbar nach ihrem Absatze hatten. Mögen auch die Schichten noch so sehr erhoben und zerklüftet sein, wie dies namentlich in dem schweizerischen Jura der Fall ist, stets behalten sie ihre eigenthümliche Beschaffenheit, ihre specifischen Fossilien u. s. w. Nur in der Nähe der Alpen erscheinen die Veränderungen bedeutender; allein hier liegen auch die Quellen, aus denen sie abzuleiten sind, auf flacher Hand.

§. 710. Werfen wir einen Blick auf die Constitution des Jura im Ganzen, so zeigen sich in der Beschaffenheit seiner Niederschläge Verhältnisse, welche durchaus denjenigen gleichen würden, die heute bei plötzlicher Trockenlegung der stillen See zum Vorschein kämen. Betrachtet man in der That den stillen Ocean näher, so stellen sich darin einige unter sich verschiedene Folgen von Verhältnissen des Meeres zum umgebenden Lande dar. Weite Strecken sind von tiefen Wassern bedeckt, in welchen nur weniges Leben herrscht; es fehlen namentlich jene

grossen Mengen schalentragender Thiere, deren Ueberbleibsel dem mineralischen Niederschlage auf dem Meeresboden sich beigesellen könnten. Zahllose nackte Mollusken und Medusen durchkreuzen freilich diese Hochseestrecken; allein nach ihrem Tode bleibt keine Spur ihres Daseins. Das Senkblei bringt, wenn es den Grund erreicht, einen äusserst feinen, leichten Schlamm herauf. Diesen Untiefen der Hochsee gegenüber stehen die Saalbänder des Oceans, die Ufer des Festlandes, wo in geringer Tiefe zahllose Mollusken, Crustaceen und Strahlthiere aller Art hausen, bald in Bänken vereinigt, bald gesellschaftlich zusammenlebend, dort wieder über weite Strecken einzeln vertheilt. Dieses üppige Leben der Ufer nimmt schnell ab, je mehr der Grund sich unter die Oberfläche senkt, und eine Tiefe von 100 Metern genügt meistens, um demselben ein fast vollständiges Ziel zu setzen. Die Bewohner dieser Küstenstriche wechseln ausserordentlich je nach Beschaffenheit des Grundes, auf welchem sie zu leben gezwungen sind. An seichten Ufern, wo geringe Strömungen nur und kaum merkbare oder wenig ungestüme Fluth und Ebbe sich finden, hausen besonders zweischalige Mollusken, tief im Schlamme eingegraben, aus welchem nur die Athemröhren hervorschauen; röhrentragende Anneliden, mannigfache Gasteropoden mit zarten, dünnen Gehäusen. Auf mehr oder minder feinem Kieselsande wohnen mehr Seeigel, schwärmende Muscheln und Schnecken, irrende Anneliden und Crustaceen. Auf steinigem Felsboden endlich siedeln sich diejenigen Muscheln an, welche ganze Bänke bilden, wie die Austern, Steckmuscheln und ihre Verwandten, und die Bänke dieser Thiere geben einen reichlichen Zufluchtsort für zahlreiche Geschlechter aller Arten von Meeresbewohnern.

Verhältnisse dieser Art, wo die Fauna desselben Meeres je nach §. 711.
dem Grund und Boden des Ufers wechselt, lassen sich auch in den Meeren unserer Zone leicht nachweisen, und in dem Jura sind sie in grosser Vollständigkeit beobachtet worden; was aber den Tropengegenden eigenthümlich ist und was die Jura-Meere mit den Tropengegenden gemein haben, das sind die zahlreichen Korallenriffe und Polypenbänke, die sich längs den Inseln namentlich fast aller Orten hinziehen, und deren eigenthümliche Zusammensetzung schon so oft die Aufmerksamkeit der reisenden Naturforscher in Anspruch nahm.

Es ist jetzt eine feststehende Thatsache, dass wahre Korallenriffe sich nie unter einer Tiefe von 200 Fuss zeigen und dass diejenigen Korallen, welche man aus grösserer Tiefe fischt, Geschlechtern angehören, welche keine zusammenhängende Massen, keine Riffe, sondern nur vereinzelte Stöcke bilden. Ebenso sterben die Polypen, welche die Korallenriffe bilden, sogleich ab, wenn sie die freie Luft berühren, und deshalb bleiben die Korallenriffe überall einige Fuss unter dem gewöhnlichen Wasserstande der tiefen Ebbe. Dagegen ist es durchaus nicht nöthig, dass die Korallen sich in stillen, unbewegten Meeres-

gegenden anbauen; einige Arten von Steinkorallen bauen sich im Gegentheile vorzugsweise in den heftigsten Strömungen und Brandungen an. Die Korallenriffe der Südsee, ob sie nun sogenannte Atolle bilden, d. h. zirkelförmige oder ovale Riffe, in deren Innerem tiefes Wasser sich findet, oder ob sie als Bänke um Inseln sich darstellen, schliessen deshalb nie vollkommen das Meer aus ihrem Inneren ab; es findet sich im Gegentheile auch da, wo Inseln umschlossen sind, stets ein tiefer Canal mit Meerwasser erfüllt zwischen dem Riffe und der Insel. In diesen inneren umschlossenen Räumen erreicht das thierische Leben den höchsten Grad der Ausbildung, und zahlreiche Canäle, Risse und Vertiefungen zwischen dem Korallenriffe erhalten beständig die Communication dieser inneren, stillen, vom Riffe umschlossenen Räume mit der hohen See.

Die fossilen Korallenriffe des Jura zeigen sich durchaus in ähnlichen Verhältnissen, wie diejenigen der Südsee. An einigen Orten, wie namentlich im schweizerischen Jura, bilden sie mehr oder minder ringförmige Atolle, in deren Mitte man meist feine Schlammdepôts als Zeichen grösserer Ruhe im Inneren findet; zahlreiche Muscheln und Schnecken, kleine, freie Korallen, zahlreiche Seeigel mit dünnen Schalen finden sich im Inneren dieser von grossen Steinkorallen umgebenen Räume. Alle diese Thiere, Polypen, Korallen und Seelilien stehen senkrecht auf den Flächen der unterliegenden Schichten und zeigen somit, dass sie noch jetzt den Platz behaupten, welchen sie früher einnahmen. Diese jurassischen Atolle bilden meist mehr oder minder grosse, hügelförmige Erhöhungen, an deren Fusse sich Breccien und Lumachellenkalke befinden, aus einer Menge zerbrochener und zerriebener Fossilien gebildet, ganz so, wie wenn sie von heftigen Strömungen an den Fuss des Riffes geführt und von den Brandungen dort zerschellt worden wären. — An anderen Orten, wie namentlich in dem deutschen und französischen Jura, wo die fossilen Korallenriffe sich an die Ufer anlehnten, welche von den älteren Ablagerungen der Trias gebildet waren, zeigen sie die Form langer, bandförmiger Ausdehnungen, ganz so wie noch jetzt die Riffe längs der grösseren Inseln und Landstrecken der Südsee.

Die fossilen Korallenbänke bieten indess für das Studium ihrer Zusammensetzung gewisse Verhältnisse dar, welche durch die Anwesenheit des Meeres über den lebenden Korallen nicht leicht erforschbar sind. Ich meine die verticale Zusammensetzung der Korallenriffe. In der That scheint diese, nach den genauen Untersuchungen des Berner und Solothurner Juras, eine constante Norm zu haben. Die Riffe selbst ruhen meist auf kieseligen, sandigen Kalksteinen, die mit Sand- und Sandmergelschichten wechseln. In den untersten Schichten der Korallenbänke selbst finden sich viele schwammige, incrustirende, steinige oder selbst Lederkorallen mit einer Menge von Muscheln und Schnecken, die gewöhnlich in den Uferbildungen auf sandigem Grunde gefunden

werden. Auf diese folgen dann platte Steinkorallen mit Austern, Seelilien und Seeigeln in den Zwischenräumen und endlich auf diesen die hügelartig bauenden Asträen und Anthophylleen, mit welchen sich die ganze Bildung schliesst. Die Mächtigkeit dieser Korallenbänke ist meist wenig bedeutend; sie erreicht selten mehr 10 bis 20 Meter.

Die ganze Bildung der Korallenbänke deutet demnach darauf hin, dass sie in geringer Tiefe auf sandigem oder halbsteinigem Grunde in den Jura-Meeren sich angebaut hatten und auch dort Atolle und Riffe bildeten, welche noch jetzt am Platze sich finden. Es ergänzen und entsprechen sich so die Forschungen aus der jetzigen Zeit wechselseitig mit denen der Geologen, und es liefert diese Untersuchung einen neuen Beweis, dass auch in den Jura-Meeren jener häufige Wechsel von Hebung und Senkung, jene allmälige Vertiefung unter den Meeresspiegel stattgefunden habe, die wir schon früher bei den paläozoischen Gebilden nachwiesen. Die Korallenriffe des Jura sind meist nur 20, höchstens 40 bis 50 Fuss im Ganzen dick; sie können also auch nicht auf tieferen Gründen gebildet sein, denn die obersten Korallen halten sich meist nur einen bis zwei Fuss unter dem Meeresspiegel, und tiefer als 200 Fuss baut sich keine Riffkoralle an. Die fossilen Jurariffe sind auch meist an der Oberfläche der einzelnen Terraïnabtheilungen gelegen; allein nichts desto weniger finden wir die Korallenbänke des unteren Oolithes von dem ganzen oberen Jura, diejenigen des *Coral-rag* von den oft 1000 Fuss mächtigen Schichten des Portlandes überdeckt. Offenbar können die Bänke sich nicht in dieser Tiefe gebildet haben; — sie müssen demnach allmälig oder plötzlich versenkt worden sein, um einer successiven Aufeinanderlagerung von so mächtigen Schichten Raum zu geben; zumal da diese oberen Schichten durch ihre gleichmässige, feinkörnige Zusammensetzung und den Mangel an Fossilien meist ihren Ursprung als Hochseeabsatz beurkunden.

Man hat beobachtet, dass die Korallenriffe, welche sich im deutschen, schweizerischen und französischen Jura finden, einen weiten Halbkreis vorstellen, in dessen Innerem man keine Kreide findet, und man hat daraus geschlossen, dass diese Riffe den Andrang und das Einfluthen des Kreidemeeres hätten verhindern müssen. Die bisher angeführten Thatsachen beweisen, dass diese Ansichten durchaus unhaltbar sind und mit der Beobachtung im Widerspruche stehen, indem ein Korallenriff, wenn es auch längs eines Ufers sich hinzieht, doch nie, unter keinen Umständen, das Eindringen des Meeres bis zum Festlande oder in das Innere eines Atolls abhält; vielmehr kann die Existenz eines Riffes, nach unseren jetzigen Beobachtungen, nicht anders gedacht werden, als auf beiden Seiten von Meer umgeben und durchaus unter dem Spiegel des Meeres. Ein Korallenriff für sich hätte demnach niemals dies Eindringen des Kreidemeeres abgehalten; — was diese abhielt, war die Erhebung der gesammten Juraschichten, die nun Festland bildeten — Erhebung, welcher die Koral-

lenriffe ebenfalls gehorchten, die aber nicht mit ihrer Eigenschaft als Korallenriffe zusammenhing.

Der Einfluss der kleinsten Organismen, der Polythalamien besonders, auf den Bau der Erdschichten tritt nirgends stärker hervor, als gerade in der Kreideperiode, und es erliegt keinem Zweifel, dass der meiste Kalk und der meiste Kiesel, welcher sich in diesen Ablagerungen findet, erst durch Thiere fixirt worden sei. Man hat sich mit der Ansicht getragen, dass diese beiden Stoffe wirklich von den Thieren erzeugt worden seien. Unseren bisherigen Kenntnissen nach kann aber der Organismus kein chemisches Element erzeugen; er kann dasselbe nur von der Aussenwelt aufnehmen und zum Aufbau der organischen Form verwenden. In diesem Sinne ist auch der Ausspruch zu nehmen, dass die Kreide einzig das Erzeugniss mikroskopischer Thierchen sei; es haben diese Thiere den im Wasser aufgelösten Kalk, die darin befindliche Kieselerde an sich gezogen, zur Bereitung ihrer Schalen verwendet, und diese Schalen sind es jetzt, welche die Ablagerungen zusammensetzen.

Bei unseren heutigen Kenntnissen über das mikroskopische Leben kann es nicht mehr in Verwunderung setzen, wenn man behauptet, dass mehre hundert Fuss mächtige Ablagerungen von Thieren gebildet sind, die so klein sind, dass Milliarden von ihren Leichen dazu gehören, um einen einzigen Cubikfuss Kreide zusammenzusetzen; wir wissen, wie ungeheuer gross die Reproductionsfähigkeit dieser Thiere ist, und ihre Vermehrung in den Gewässern des Festlandes und dem Meere beweist zur Genüge, dass solche Anhäufungen durchaus nicht unmöglich sind. Jedenfalls aber beweist diese Zusammensetzung der Kreide aus Foraminiferen, dass diese reine Meeresbildung sei, da man Thiere dieser Art noch nicht im süssen Wasser gefunden hat.

III. Die tertiären Bildungen.

9. Eigentliche Tertiärgebilde.
10. Quaternäre Bildungen. Diluvialgebilde und erratische Phänomene.

9. Tertiärgebilde.

(*Formation tertiaire; Groupe supracrétacé;* Mollassengebirge; *Tertiary rocks.*)

§. 712. Die unmittelbar über der Kreide gelegenen Gebilde waren früher hauptsächlich nur im Norden Europas studirt worden, wo sie mehr vereinzelte Becken darstellen, die nur selten in grösseren Strecken zusammenhängen. Erst in der neuesten Zeit wandte man sich mit Eifer

dem Studium derjenigen Schichten zu, welche hauptsächlich in dem südlicheren Europa unter dem Namen der Nummulitenschichten bekannt sind, Ablagerungen, die sich aus einem weiter verbreiteten Meere niederschlugen, das viele charakteristische Formen in seinen Bewohnern zeigte. Die Lagerung dieser Nummulitenschichten in den Pyrenäen und Alpen liess früher hauptsächlich die nur noch von sehr wenigen Forschern festgehaltene Ansicht aufkommen, dass sie noch zu dem Kreidesysteme gehörten, indem diejenigen Störungen, von denen die Kreide in den genannten Gebirgszügen betroffen worden ist, auch die Nummulitenschichten mit begriffen haben. Die genauere Untersuchung und Vergleichung der Fossilien nöthigt indess gebieterisch zu der Annahme, dass diese Nummulitenschichten dennoch nur ältere Tertiärgebilde seien und dass sie eigentlich als wahre Meeresablagerungen den normalen Typus der unteren Tertiärgebilde darstellen, während die bis jetzt als solche Typen betrachteten Becken gewissermaassen Ausnahmen bilden, die einzelnen Flussmündungen, Aestuarien und geschlossenen Meeresbuchten angehören. Die Zusammenstellung dieser mehr vereinzelten Tertiärbecken, je nach der Gleichzeitigkeit ihrer Ablagerung wird um so schwieriger, als der Einfluss der Klimate sich in der Tertiärzeit schon in bedeutendem Maasse fühlen lässt, so dass die in den Schichten eingeschlossenen fossilen Reste aus verschiedenen Gegenden verhältnissmässig nur wenig Vergleichungspunkte unter sich darbieten. Zugleich zeigen diese Gebilde ungemein häufige Wechsel zwischen Süsswasser- und Meerablagerungen, welche auf öftere Schwankungen des Bodens und successive Erhebung und Erniedrigung derselben Stelle schliessen lassen. Fast in allen grösseren oder kleineren Becken, welche grössere Reihenfolgen dieser Schichten enthalten, findet man mehrfache Abwechselungen und über einander greifende Schichten, die bald Süsswasser-, bald Meeresbewohner einschliessen. Die Vergleichung der einzelnen Becken unter einander wird dadurch noch mehr erschwert; denn während die Meeresfaunen, ihrer grösseren, horizontalen Erstreckung wegen, selbst in verschiedenen Klimaten noch manche Anhaltspunkte durch ihre Bewohner bieten, so ist es fast unmöglich, gleichzeitige Süsswasser- und Meeresbildungen mit einander zu vergleichen. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass manche mit einander gleichzustellende Becken durchaus umgekehrte Schichtenwechsel zeigen, dass das eine mit dem Meere in Verbindung stand, während das andere von süssem Wasser erfüllt war, und dass oft dieselbe Bodenbewegung, welche das eine Becken vom Meere abschnitt, das andere in Verbindung damit brachte; — wir können solche Verhältnisse nachweisen, aber ihre chronologische Uebereinstimmung lässt sich zur Zeit noch nicht darthun. Es ist deshalb in dem Folgenden der Weg gewählt worden, zuerst das Nummulitengebilde und dann einige der ausgezeichnetsten Tertiärbecken, die entweder durch ihre Lage und durch ihre Einschlüsse besonders bekannt

sind, so zu beschreiben, dass jedes dieser Becken in seiner ganzen Schichtenfolge dargestellt wird, mögen nun die unteren Schichten zu den niederen, die oberen zu den höheren Tertiärsystemen gezählt werden müssen.

Das Nummulitensystem.

(*Formation nummulitique; Terrain épicrétacé; Etage Suessonien.*)

§. 713. Von dem Süd- und Nordabhange der Pyrenäen, der spanischen und portugiesischen Bergketten aus hat man durch die ganze Länge der Alpen und Karpathen hindurch, sowie durch den Appennin, die Türkei und Griechenland bis nach Kleinasien, dem Kaukausus, dem Libanon und weiterhin durch ganz Centralasien, den Himalaya und den Altai hindurch sowie in östlicher Richtung nach Aegypten, Algier und Marokko hin eine mächtige Schichtenreihe verfolgt, welche fast überall unter den nämlichen Charakteren auftritt und einen constanten Horizont bildet, der allerorts leicht zur Orientirung dient. Mit diesen in gewaltigen Gebirgsketten aufgethürmten Schichten gehen Hand in Hand die unteren Schichten der älteren Tertiärbecken, wie namentlich derjenigen von London und Paris, die wir aber, ihres stratigraphischen Verhaltens wegen, hier vorläufig von der Beschreibung ausschliessen, um sie im Zusammenhange mit den übrigen Schichten dieser Becken in der Folge aufzunehmen. Die Nummulitenschichten der Gebirge, die uns hier einzig beschäftigen, ruhen meist auf kohligen, in Sandsteine oder Süsswasserkalke eingeschlossenen Schichten, oder auch auf kohlenführenden Meereskalken ohne Nummuliten. Auf diesen, tertiäre Versteinerungen einschliessenden Schichten finden sich dann fast überall in festen Kalken oder auch in Sandsteinen die Nummuliten, eigentliche Rhizopoden, welche einzig auf diese Schicht der Erdgeschichte beschränkt sind und weder unterhalb noch oberhalb weiter vorkommen. Die obere Gruppe dieser Schichten ist meistens von Sandsteinen, Conglomeraten, unreinen Kalksteinen und Gypsmergeln gebildet, welche nur äusserst selten Thierversteinerungen, dagegen sehr häufig Pflanzenabdrücke und zwar immer nur Abdrücke von Algen enthalten, weshalb man sie auch Fucoiden-Sandsteine genannt hat. Auch der Name Flysch wurde häufig für diese obere Sandsteinschicht gebraucht.

§. 714. Betrachten wir, um einen Typus der Ausbildung zu gewinnen, die Gesteine in der Nähe des Thunersees, wo Rutimeyer die Nummulitengebilde mit besonderem Fleisse untersucht hat, so findet man dort als Grundlage der ganzen Bildung einen feinsandigen oder mergeligen grauen und braunen Kalkschiefer, der Glimmer- oder Quarzpünktchen enthält, nur eine geringe Mächtigkeit besitzt und noch keine Nummuliten, wohl aber neben Kohlenschmitzen andere Versteinerungen zeigt, die mit denen späterer Schichten übereinstimmen. Ueber diesen Schiefern thürmen sich die mächtigen Lager des eigentlichen Nummulitenkalkes, der

steile Abhänge und spitze Gräte bildet. Er ist meist dicht, marmorartig, von vielen Spathadern durchzogen, nimmt oft Quarz oder Sand auf und zeichnet sich dann durch seine Zähigkeit aus, die ihn besonders zum Pflastersteine tauglich macht. In dem sandigen Kalke findet sich eine Unmasse von Nummuliten und Orbitoliten, und zuweilen sieht man in ihnen auch eingelagerte Kohlenflötze, die indess keine grosse Mächtigkeit erlangen. Es ziehen sich kleine Kohlenflötze dieser Art fast überall unter und in dem Nummulitenkalke hin, so dass man sie fast als normale Einlagerungen in demselben betrachten kann. Ueber dem Kalke folgt nun die oberste Stufe von meist reinen, gelblichen Quarz-Sandsteinen, die oft gebändert sind und meist gar keine Fossilien enthalten. Auf diese Sandsteine folgt dann der Flysch oder Alpenmacigno, der bald als brauner sandiger Schiefer, bald als gelblichweisser oder grünlicher glimmerreicher Quarzsandstein mit eingelagerten Mergelschiefern oder schwarzen, leicht verwitternden Thonschiefern, sogenannten Faulschiefern abwechselt. An vielen Stellen der Alpen findet sich namentlich dieser Flysch eingelagert zwischen die Centralmassen der Alpen, deren einzige Grenze er an einigen Orten bildet.

In dieser oder ähnlicher Weise verfolgt man die Nummulitenschichten auf dem ganzen Nordabhange der Alpen in Gestalt eines langen schmalen Bandes, welches einerseits auf den Kreideschichten auflagert und andererseits von den Molassegebilden durch eine tiefe Verwerfungsspalte getrennt ist. Die Schichten selbst bilden meistens steile Mauern und sind ausserordentlich zerrissen und verworfen, indem sie an allen Biegungen und Einknickungen theilnehmen, welche überhaupt dem Alpensysteme eigenthümlich sind. Ueberall zeigen sich in ihnen die besonderen Versteinerungen, unter denen ausser Nummuliten und Orbitoliten namentlich noch manche Schneckengeschlechter eine wichtige Rolle spielen. Als einer besonderen localen Ausbildung erwähnen wir hier noch der von alter Zeit her bekannten Dachschiefer von Glarus, welche weiter nichts sind, als sehr dünne, plattenförmige Kalksteine von schwarzer Farbe, die man zu dem erwähnten Zwecke ausbeutet und die namentlich eine grosse Anzahl von Fischversteinerungen enthalten. Man rechnete diese Dachschiefer früher ihrer Farbe und Structur wegen zu den Uebergangsgebilden, dann nach genauerer Untersuchung der in ihnen vorkommenden Versteinerungen zu der höheren Kreide, und jetzt unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass sie den Nummulitengesteinen zugezählt werden müssen. Besonders wichtig sind auch noch auf der Nordseite der Alpen die Umgebungen der Diablerets auf der Grenze zwischen Waadt und Wallis, indem hier ausser dem ächten Nummulitenterrain noch andere, überliegende Schichten entwickelt sind, welche mit dem Pariser Grobkalke identische Fossilien enthalten; — ein Beweis, dass unterer Nummulitenkalk und untere Pariser Schichten nicht vollkommen gleichzeitig sich absetzten, wie man wohl bisher glauben konnte.

§. 715. In ähnlicher Weise, wie auf der Nordseite der Alpen, finden sich auch auf ihrer Südseite die Nummulitengesteine mächtig entwickelt und namentlich im Vicentinischen bedeutend ausgebildet. Den Glarner Schiefern entspricht etwa auf dieser Seite der Alpen der durch seine fossilen Fische so berühmte Monte Bolca unfern Verona, nur mit dem Unterschiede, dass hier die schiefrigen Gesteine, welche ausgezeichnete Fischabdrücke enthalten, sehr feinkörnige, mergelige, weisse und gelbliche Kalksteine sind, auf deren Massen sich die dunkler gefärbten Abdrücke deutlich hervorheben. Die Lagerung dieser Schichten ist vielfach durch Trapp- und Basaltdurchbrüche gestört, ihre Structur aber dadurch nicht verändert worden. Ausser den Fischen kommen am Monte Bolca noch vielfache Pflanzenreste vor, welche hauptsächlich Palmen und Laubbäumen angehören, und die Schichten selbst sind zwischen gleichlaufenden Ablagerungen eingeschlossen, welche zahlreiche Nummuliten enthalten.

§. 716. Auf beiden Seiten der Pyrenäen, wie namentlich bei Biaritz, findet man in gleicher Weise wie in den Alpen die Nummulitenschichten an den Kern des Gebirges angelagert und durch die Hebungen desselben mit betroffen. An einigen Stellen, wie bei Royan, zeigen sich die Schichten noch in vollständig horizontaler Lage, während sie beim Annähern an das Gebirge aufgerichtet und zerrissen sind. Es würde zu weit führen, wollten wir auf einzelne Eigenthümlichkeiten dieser Schichten, sowie derjenigen eingehen, die weiter hin in dem südlichen Europa im Umkreise des Mittelmeeres und in aussereuropäischen Ländern aufgefunden worden sind.

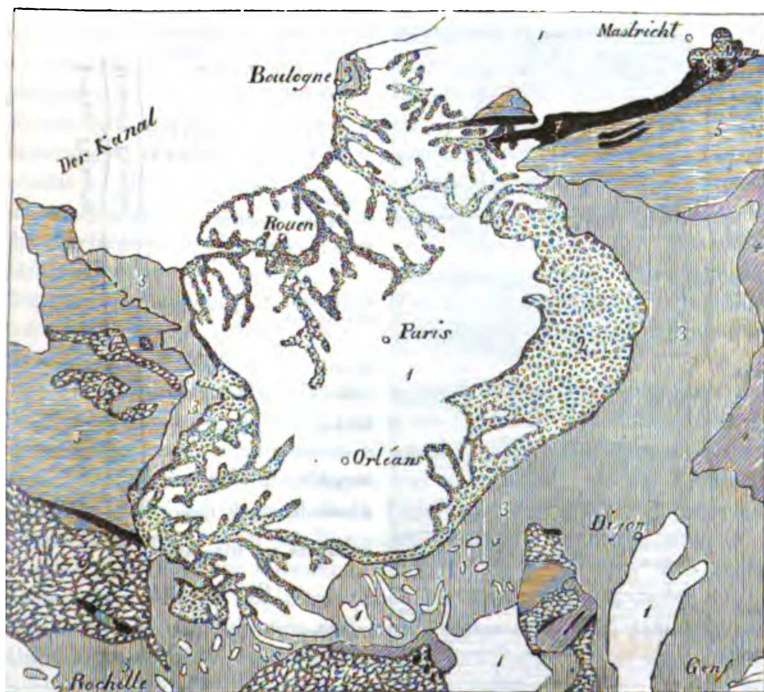
§. 717. Zu den charakteristischen Versteinerungen, die zugleich eine weite Verbreitung haben, gehören die folgenden:

Nummulites Biaritzana, complanata, laevigata, perforata, scabra, nummularis.
Orbitolites Fontisi, papyracea, radians, stellata, submedia.
Stylocaenia monticularia.
Operculina ammonea.
Diadema dilatatum.
Echinocyamus alpinus.
Pygorhynchus Cuvieri, scutella.
Echinolampas ellipsoidalis.
Conoclypus canoideus.
Eupatagus ornatus.
Ananchytes tuberculata.
Serpula spirulaea.
Clavagella coronata.
Pholadomya Puschii.
Panopaea intermedia.
Corbula rugosa.
Corbis lamellosa.
Cyrena cuneiformis.
Verenicardia acuticosta.
Arca barbatula.
Ostrea vesicularis.
Dentalium grande.
Voluta ambigua, musicalis.
Beloptera belemnitoidea.
Oxyrhina Desori.
Lamna elegans.

Die Tertiärbecken von Paris und London.

§. 718. In der Umgegend von Paris, sowie in dem südöstlichen Theile von England finden sich mächtige Tertiärgebilde angehäuft, welche offenbar der älteren Periode angehören, und die man bald mit den Nummulitenschichten zusammen als eocene Bildung bezeichnet, bald auch unter dem Namen des Pariser Terrains (*Etage Parisien*) für sich abgeschieden hat. Beide Becken, welche freilich durch den Canal von einander getrennt sind, zeigen eine grosse Menge übereinstimmender Versteinerungen, obgleich sie eine bedeutende Verschiedenheit in mineralogischer Hinsicht gewahren lassen. In dem Pariser Becken wiegen

Fig. 536.



Karte des Tertiärbeckens von Paris.

1. Tertiärgebilde.
2. Kreide.
3. Juraformation.
4. Trias.
5. Uebergangsgebilde.
6. Primitive Gesteine.
7. Steinkohle.

nämlich hauptsächlich Kalke und Sandsteine vor, während in dem Londoner Becken Thone und Mergel die grösste Mächtigkeit erreichen.

§. 719. Die beigefügte Karte, Fig. 536, S. 565, zeigt das Tertiärbecken von Paris etwa in Form eines Kreises, als dessen Mittelpunkt Paris gelten kann. Eine weite Fläche im Umfange dieses Kreises ist von den Tertiärschichten angefüllt, welche im Umkreise überall auf der Kreide auflagern. Auch im Inneren des Kreises zeigt sich die Kreide überall da an der Bodenfläche, wo partielle Hebungen, Thalrisse

Fig. 537.

Ursprung der Schichten.
Beschaffenheit und mineralogische Namen.
Aeltere Eintheilung.
Neuere Eintheilung von d'Orbigny.

Obere Süsswasserbildung.
Obere Meeresbildung.
Mittlere Süsswasserbildung.
Untere Meeresbildung.
Unterste Süsswasserbildung.
Unterste Meeresbildung.

Neuere Anschwemmungen
Aeltere Anschwemmungen.
Mühlsteine v. Montmorency.
Sandsteinformation von Fontainebleau.
Austernbank.
Mühlsteine von Brie.
Mergel mit Strontian.
Gypse von Montmartre.
Mergel.
Gyps.
Mergel.
Gyps.
Mergel.
Gyps- und Mergelformation.
Kieselkalk von St. Ouen.
Sandsteine von Beauchamp.
Cerithienkalk.
Grobkalkformation.
Miliolitenschichten.
Sandiger Grobkalk.
Sandiger Thon.
Plastischer Thon.
Eisenkalk. Calc. pisolitique.
Kreide.

Miocene Periode.
Eocene Periode.

Terrain Falunien.
Terrain Parisien.
Nummulit. Schichten. Terrain Suessonien.
Ter. Danien.
T. Senonien.

Idealer Durchschnitt des Pariser Tertiärbeckens.

oder Flussbetten die Tertiärgebilde bis auf eine gewisse Tiefe durchbrochen haben. Die Schichtenfolge in diesem Becken ist äusserst mannigfaltig und der Gegenstand genauer Erforschung von Seiten der französischen Geologen gewesen.

Unmittelbar auf der Kreide zeigt sich an einzelnen Orten des Pa- §. 720.
riser Beckens bei Epernay und Beauvais der sogenannte **Eisenkalk** (*Calcaire pisolitique*), ein gelblicher eisenhaltiger Knotenkalk, der zuweilen in grüne oder weisse Sandsteine übergeht und im Ganzen nur wenige Fossilien enthält, welche sich ebensowohl von den Kreideversteinerungen, als auch von denen der darüberliegenden Tertiärschichten unterscheiden. Alle diese Versteinerungen sind nur im Zustande von Steinkernen vorhanden, so dass ihre Bestimmung schwierig ist und, wie schon früher bemerkt, ist man noch immer im Streite darüber, ob dieser Eisenkalk mehr zu dem Tertiärgebilde oder mehr zu der Kreide zu rechnen sei. Indess ist seine Schichtung überall identisch mit derjenigen der darüberliegenden Tertiärgebilde, und die Oberfläche der Kreide hat offenbar vor seinem Absatze tiefe und durchgreifende Veränderungen erlitten, so dass man wohl nachweisen kann, dass ein Abschnitt in der Sedimentbildung zwischen der Ablagerung der Kreide und derjenigen des Eisenkalkes stattfand, während ein Gleiches für die darüberliegenden Tertiärschichten nicht nachweisbar ist. Aus diesen Gründen fügen wir um so mehr den Eisenkalk den Tertiärgebilden des Pariser Beckens bei, da er nur eine sehr beschränkte Ausdehnung hat nnd in dieser nicht der Kreide, sondern vielmehr den übrigen tertiären Gruppen folgt.

Ueber diesem Eisenkalke findet sich der **plastische Thon** (*Argile* §. 721.
plastique), meist aus weissen, rothen oder grauen Thonen in seinen unteren Lagern zusammengesetzt. Zuweilen zeigen sich auch statt dieser Schichten Bänke von Puddingen und Rollsteinen, die auf Kosten der unterliegenden Kreide und ihrer Feuersteine gebildet sind, oder auch gelber und grauer Sand mit Braunkohlenablagerungen, bei welchen sich zuweilen alaunhaltige Eisenkiese finden. Der plastische Thon enthält neben einer Menge von Süsswasserschnecken auch die ersten fossilen Knochen von Säugethieren und Schildkröten und darf demnach unbedingt als eine Süsswasserbildung betrachtet werden. In seinen oberen Schichten indess, die meist sandiger werden und eine schwärzliche Farbe annehmen, findet man auch einige zerstreute Meerespetrefacten, die allmälig nach oben an Menge zunehmen. Wie aus dem in §. 717 gegebenen Durchschnitte und den Erörterungen in dem Abschnitte vom Nummulitenterrain S. 562 hervorgeht, parallelisirt man jetzt allgemein und mit vollem Rechte diesen plastischen Thon mit dem Nummulitenterrain der Gebirge und lässt erst mit den folgenden Schichten die Pariser Bildungen beginnen. Da aber auch in der Grobkalkformation von Paris Nummuliten (*N. laevigata*, *scabra* u. s. w.) vorkommen, so würde, bei

strengerem Begrenzen des Ausdruckes, die Nummulitenformation zwei Schichtengruppen umfassen, die eine, dem plastischen Thone entsprechend, in den aufgerichteten Schichten der meisten Bergketten, die wir oben nannten, entwickelt; die zweite, obere dagegen, dem Grobkalke entsprechend, wesentlich nur in den Becken und auf einigen beschränkten Punkten der Gebirge vorkommend.

§. 722. Dem plastischen Thone folgt die Grobkalkformation (*Calcaire grossier*), die offenbar ganz dem Meere angehört und eine ungemein grosse Menge von Fossilien enthält. Die Formation beginnt mit einem grünlichen Kieselsande, der nur wenig mächtig ist und eine geringe Verbreitung besitzt. Ueber diesem Sande erst zeigt sich der eigentliche Grobkalk, der unten meist grün gefärbt, zerreiblich und zum Bauen unbrauchbar ist, während seine mittleren und oberen Schichten jenen vortrefflichen festen und dennoch leicht zu bearbeitenden Quaderstein geben, aus dem ganz Paris erbaut ist. Die oberen Bänke des Grobkalkes werden meist compacter und wechseln öfter mit Mergeln ab, die zuweilen Zähne von Lophiodon, Pflanzenreste und einige Süsswassermuscheln enthalten, während sonst die überwiegende Mehrzahl der Fossilien dem Meere angehört.

Ueber dem eigentlichen Grobkalke finden sich weisse oder grünliche, glimmerlose Sandsteine, welche öfter Kalkknoten enthalten und mit dem Grobkalke eine Unzahl von Versteinerungen theilen. Man nennt diese Schichten von den Steinbrüchen, wo sie sich hauptsächlich zeigen, Sandsteine von Beauchamp.

§. 723. Diesen Sandsteinen folgt der Kieselkalk von St. Ouen (*Calcaire siliceux de St. Ouen*), offenbar eine Süsswasserbildung, zusammengesetzt aus zahlreichen Wechsellagern von dolomitischen Mergeln mit Kieselnieren und zerstreuten Kieselmassen, weissen, compacten Kalksteinen, grünlichen Sandlagern mit vielen Süsswassermuscheln, Sumpfpflanzen, Charakörnern und Säugethierknochen, namentlich von Anoplotherien und Paläotherien.

Gypshaltige Mergel, die ebenfalls dem süssen Wasser ihren Ursprung verdanken, folgen über dem Kieselkalke. Die Mergel sind gelb oder grünlich und der Gyps in Form von zwei oder drei grossen, linsenartigen Scheiben darin abgelagert, die bis zu 20 Meter Mächtigkeit und 120 Kilometer Durchmesser haben. In diesen Gypsmergeln, die namentlich bei Montmartre bedeutend entwickelt sind, zeigen sich jene zahlreichen Säugethierknochen, deren Bestimmung den Ausgangspunkt einer rationellen Paläontologie bildete. Fast kein Block wird aus dem Gypse von Montmartre gebrochen, der nicht Knochen enthielte; — meist aber isolirt und zerstreut, nur selten finden sich ganze Skelette.

Die letzte Schicht der Grobkalkformation wird von grünen gyps- und strontianhaltigen Mergeln gebildet, die zuweilen ungemein grosse Massen eines blasigen Kalksteines enthalten, der zu Mühlsteinen benutzt

wird und nicht mit den eigentlichen Mühlsteinen, die weit höher in der Schichtenreihe vorkommen, verwechselt werden dürfen. Diese Mühlsteine, welche sich in den oberen Gypsmergeln finden, tragen den Namen der Mühlsteine von Brie.

Die obere Abtheilung der Pariser Tertiärschichten wird von zwei §. 724. sehr ausgezeichneten Formationen gebildet, deren unterste unter dem Namen des Sandsteines von Fontainebleau bezeichnet wird. An der Basis dieser Sandsteine findet sich eine dünne Bank von sandigen, gelben oder grünen Thonen, welche eine grosse Menge von Austern enthalten. Auf diese folgen nun meist durchaus weisse Sandschichten, die nur wenig Glimmer enthalten und zuweilen in Feuersteinpuddinge, eisenschüssige Sandsteine oder knauerhaltige Sandschichten übergehen, in denen man verkieselte Baumstämme und Eindrücke von fossilen Pflanzen gefunden hat. Die harten, glänzenden, feinkörnigen Sandsteine, die namentlich in Paris als Pflastersteine benutzt und sämmtlich im Walde von Fontainebleau gebrochen werden, sind locale Verdichtungen dieser vorherrschenden, lockeren Sandschichten, in welchen vielerlei Petrefacten die Meeresbildung deutlich erkennen lassen.

Die Mühlsteine von Montmorency, eine reine Süsswasserbildung, schliessen die Reihe der Pariser Tertiärgebilde. Die ganze Ablagerung besteht aus rothen, eisenschüssigen, sandigen Thonen und Mergeln, die viel Quarzkörner und grosse Concretionen eines blasigen, kalkhaltigen Kieselsteines enthalten, welche letztere als Mühlsteine ausgebeutet werden. Im Süden des Beckens werden diese Thone mit Kieselnieren durch compacte, röhrige Süsswasserkalke ersetzt, die oft mit weissen oder seltener grünen Mergeln wechseln, in welchen man ebenfalls Andeutungen von Kieselconcretionen findet. Fetzen dieser Bildung, welche man den Kalkstein von Beauce nennt, finden sich hier und da auf der Oberfläche des Tertiärbeckens zerstreut, ohne merklichen Zusammenhang und in sehr abwechselnder Gestalt, indem bald mehr Sand, bald Kiesel, Kalk oder Thon in ihrer Zusammensetzung vorherrscht, was hauptsächlich von localen Einflüssen bei der Bildung abhängig war.

Als charakteristische Fossilien des Pariser Tertiärbeckens werden §. 725. aufgeführt:

Im plastischen Thone.

Palmacites echinatus.
Nummulites planulata.
Ostrea bellovacina, eversa..
Spondylus bifrons.
Cyrena cuneiformis.
Crassatella rhomboidea.
Cerithium variabile, vulcanum.
Melania inquinata.
Melanopsis buccinoidea.
Nerita conoidea.
Palaeocyon primaevus.
Viverra gigantea.
Anthracotherium.
Lophiodon, vulcanum.

Im Grobkalk.

Turbinolia elliptica.
Astraea crenulata.
Orbitolites plana.
Miliolites trigonula.
Biloculina opposita.
Triloculina communis.
Nummulites laevigata, planulata.
Ostrea flabellula.

Cardium porulosum.
Pectunculus pulvinatus.
Lucina saxorum.
Venericardia planicosta, imbricata.
Crassatella tumida.

Cytherea elegans.

Cerithium giganteum, cristatum, acutum, papale, lapidum.

Turritella imbricataria.
Pleurotoma filosa.
Voluta harpa, spinosa.
Neritina conoidea.
Cyrena Gravesii.
Conus deperditus.
Fusus Noae.
Nautilus Lamarckii.
Otodus apiculatus.
Lamna elegans.
Dentex Faujasii.

Im Gypse und den Gypsmergeln.

Glauconomya convexis.

Planorbis rotundata.
Lymnaea longiscala.
Cyclostoma mumia.

Taxotherium parisiense.
Pterodon parisiensis.
Canis parisiensis.

Palaeotherium magnum, medium, crassum, minus.
Anoplotherium commune.
Xiphodon gracile.
Dichobune (Anoplotherium) leporinum, marinum.
Chaeropotamus parisiensis.
Didelphys Cuvieri.
Lophiodon isselense, medium.

Im Sandsteine von Fontainebleau.

Ostrea longirostris, cyathula.
Corbula striata.

Pectunculus terebratularis, angusticostatus.

Cytherea incrassata.
Trochus cyclostoma.

Cerithium plicatum, trochleare.
Natica flabellata.

In den Mühlsteinschichten von Montmorency.

Chara medicaginula.
Nymphaea Arethusae.

Cyclostoma elegans.

Helix Moroguesi.
Planorbis cornu, Prevostinus.
Lymnaea cylindrica, cornea.
Cerithium Lamarckii.

§. 726. **Das Londoner Tertiärbecken**, Fig. 538, hat eine bedeutende Ausdehnung, indem es die ganze südliche Hälfte der Ostküste Englands

Fig. 538.

Geognostische Karte von England.



von der Themse bis zum Wash einnimmt, und der Themse entlang sich weit in das Land hineinstreckt. Auf der Südküste findet sich eine geologisch durchaus gleiche, ansehnliche Ablagerung der Insel Wight gegenüber, deren Zusammenhang mit dem Londoner Becken selbst durch die inselartige Erhebung der Wäldergebilde und der Kreide unterbrochen ist.

Die Schichtenfolge im Londoner Becken ist äusserst einfach. Den Boden der Mulde füllt eine sandige Kiesmasse, mit Conglomeraten durch thonige Schichten zusammengebacken und vereinigt, die man seltsamer Weise mit dem Pariser plastischen Thone verglichen hat, obgleich sie ganz dieselben Fossilien, wie der übrige Londonthon, enthalten, und mithin nur durch mehr sandige und kieselige Beschaffenheit sich von diesem unterscheidet.

Ueber diesen Schichten liegen mächtige Lager von blauem oder schwarzgrauem Thon, öfters gesprenkelt mit grauer Erde, weissem Sande und hier und da durch Lager von ovalen oder unregelmässigen Massen mergeligen Kalksteines verunreinigt, die Septarien genannt werden. Zuweilen häuft sich die Kalkmasse, welche die Septarien bildet, so bedeutend an, dass sie vollständige Schichten darstellt. Die Insel Sheppey an der Themsemündung ist der klassische Ort für den Londonthon. Die Wellen haben dort die Ufer dergestalt unterminirt, dass diese senkrechte, mehre hundert Fuss hohe Riffe und Abstürze bilden, in welchen man die Schichtenfolgen schön beobachten kann. Eine ungeheure Menge von fossilen Früchten, Blumen, Blättern und Stämmen, von Fischen, Crustaceen, Schildkröten, Reptilien, selbst Vögeln und Säugethieren u. s. w. findet sich in diesen Thonschichten der Insel Sheppy, und zum Theil in wunderbarer Erhaltung. Die fossilen Muscheln des Londonthones stimmen meist mit denjenigen des Pariser Thones überein, und d'Orbigny stellt auch in der That den Londonthon zu seinem *Etage Suessonien.*

§. 727. In seinen oberen Schichten geht der Londonthon allmälig in einen kieseligen Sand, mit dünnen Mergellagern gemischt, über, der nur wenig Fossilien enthält, die aber im Allgemeinen mit denen des unterliegenden Thones übereinstimmen. Der Bagshot-Sand, wie man diese Schichten genannt hat, kann demnach nicht als besonderes Glied aufgefasst werden, sondern nur als eine Modification derselben Ablagerung, die unten mehr thonig, oben mehr sandig ist.

In dem südlichen Theile des Londonthones, auf der Insel Wight und an der Küste von Hampshire, finden sich mächtige Lager von Süsswassergebilden, die mit Meeresschichten abwechseln und meistens aus grünlichen Mergeln, Kalken und Sandlagern bestehen. Man hat darin Zähne von den Säugethieren aus dem Pariser Gypse, Fische, Säugethiere und viele Muscheln gefunden, die im Allgemeinen mit denen des Pariser Gypses übereinstimmen.

Das Londoner Becken unterscheidet sich demnach hauptsächlich von dem Pariser Tertiärbecken durch seine grosse Einförmigkeit und die thonige Beschaffenheit seiner Schichten, die nur zuweilen mit Sand und Kalk abwechseln, während in dem Pariser Becken der Kalk gerade das vorherrschende Element ist. Im Londoner Becken sind ebenso die Meeresbildungen überwiegend und die Süsswasserformation durchaus zurückgedrängt, während im Pariser Becken beide einander fast die Wage halten.

Zu den charakteristischen Versteinerungen des Londoner Beckens gehören: §. 728.

Nipadites elegans.
Hightea fusiformis.
Pterophiloides Richardsoni.
Cupanoides inflatus.
Tricarpellites communis.
Cucumites variabilis.
Faboidea ovata.
Wetherellia variabilis.

Sanguinolaria compressa.

Pectunculus scalaris.
Paludina lenta.
Lymnaea longiscala.
Turritella imbricataria.
Fusus asper.
Murex tubifer.
Rostellaria lucida.
Voluta luctator.
Ancillaria subulata.
Lamna Hopei.
Myliobates toliapicus, punctatus.
Sciaenurus Bowerbanki.

Hyracotherium.

Man glaubte bisher ziemlich allgemein, dass der Londonthon mit dem Grobkalke von Paris etwa auf gleicher Stufe stehe; indessen enthält er nur höchstens vier Procent von Versteinerungen, die beiden Schichten gemeinschaftlich sind, und es ist vielleicht wahrscheinlich, dass er vielmehr dem unteren plastischen Thone und den dazu gehörigen Sandschichten entsprechen dürfte. §. 729.

Ausser dem Londoner und Pariser Becken finden sich noch an manchen Orten Schichten, welche wahrscheinlich zu gleicher Zeit entstanden sind. Dahin gehören namentlich einige Knochenlager bei Fronstetten auf der schwäbischen Alp, bei Mormonts im Waadtlande, so wie die im Norden von Mecklenburg vorkommenden eisenschüssigen Sandsteine, welche unter den Geröllen und Torflagern der grossen norddeutschen Ebene anstehen und deren umhergestreute Bruchstücke, welche bis in die Mark Brandenburg und weiter verbreitet sind, unter dem Namen der Sternberger Kuchen bekannt sind. Ausserdem findet man in der Vendée einige Flecken und namentlich auf dem Gipfel der Diablerets bei Bex in der Schweiz eine ausgezeichnete Schicht schwärzlicher Sandsteine, deren Bruchstücke durch den Einsturz dieser Felsmassen in das Thal gebracht wurden, und die eine Menge von Versteinerungen enthalten, welche mit denen des Pariser Grobkalkes identisch sind. Auf den Diablerets tritt auch §. 730.

noch das merkwürdige Verhältniss ein, dass diese Grobkalkschichten, die eine Unzahl von Cerithien enthalten, unter denen sich besonders *Cerithium diaboli* auszeichnet und die so ganz den Cerithienschichten des Pariser Grobkalkes gleichen, dass diese Schichten über den wahren Nummulitenschichten liegen, wodurch die Ansicht von d'Orbigny bestätigt wird, nach welcher dieses Nummulitenterrain älter als der Grobkalk ist und in der That vielleicht dem plastischen Thone des Pariser Beckens entsprechen dürfte. Ausserhalb Europas hat man namentlich in Alabama und Südcarolina Tertiärschichten entdeckt, welche einige Fossilien mit den Pariser Schichten gemein haben und deshalb mit ihnen parallelisirt werden können.

Mittlere und jüngere Tertiärgebilde (Miocen und Pliocen).

§. 731. In den Grafschaften Norfolk und Suffolk auf der Ostküste von England finden sich einige Ablagerungen von Tertiärformationen, welche offenbar weit jünger sind, als die Bildungen des Londonbeckens selbst, und die man meist mit den jüngsten Bildungen des Continentes zusammengestellt hat. In dieser Formation, welche mit dem Namen des Crag belegt wurde, kann man füglich drei Abtheilungen unterscheiden.

Der Korallen-Crag (*Coralline-Crag*), meist aus grünlichen oder gelblichen Mergeln mit zusammenhängenden Kiesellagern bestehend, abwechselnd mit Sand und untergeordneten Kalkbänken. Eine reiche Fauna von fossilen Meeresbewohnern, namentlich Schnecken und Muscheln, findet sich in diesem Korallen-Crag nebst einigen Polypen, die aber keine Korallenbänke bilden. Die Fauna ist durchaus eigenthümlich, vielleicht einigermaassen an die der Faluns in der Touraine sich anschliessend, aber insofern sehr verschieden, als sie einen mehr nordischen Charakter bietet.

Ueber diesen Schichten finden sich rothe, eisenhaltige Mergel, oft mit ockerigen Knoten vermischt, rothe und braune Sandschichten, zuweilen ins Weisse übergehend, die eine ähnliche Fauna enthalten, aber offenbar späteren Ursprungs sind und mit dem Namen des rothen Crags (*Red-Crag*) bezeichnet werden. D'Orbigny stellt diese beiden unteren Abtheilungen des Crag zu seiner oberen Gruppe des Falunien und parallelisirt damit die Mühlsteine von Montmorency im Pariser Becken.

Eine dritte Stufe wird von unregelmässigen Lagern von Sand, Schiefern, Lehm und Blätterthon zusammengesetzt, die zuweilen auch feuersteinartige Schiefer, Kiesbänke und kleine Kalklager enthalten; viele Meerschnecken und Muscheln zeigen sich darin gemischt mit Süsswasserbewohnern, mit Säugethier-, Reptilien- und Fischknochen, und

die ganze Schichtenfolge dieses neueren **Norwich-Crags** lässt deutlich auf eine seichte, sandige Meeresbucht schliessen, in welche eine grosse Menge süssen Wassers sich ergoss, so dass in dem Brackwasser die solchen Becken eigenthümliche, gemischte Fauna lebte, einerseits mit Seefischen und anderen Seebewohnern, anderntheils mit Landthieren vermischt, deren Leichen durch die Flüsse in das Seebecken geschafft wurden.

Im Süden des Pariser Beckens findet man Schichten, welche dem oberen Süsswasserkalk dieses Beckens aufgelagert sind und die, wie es scheint, dem Crag von England entsprechen. Auch weiter nach Süden hin finden sich, wenn auch ohne Unterlagerung durch Pariser Schichten, ähnliche Bildungen.

Die **Faluns der Touraine** bilden eine Menge kleiner, hier und §. 732.
da zerstreuter Fetzen, welche Ueberreste eines grossen, einzigen Beckens gewesen zu sein scheinen. Die vorherrschenden Gesteinsarten sind Mergel, mergeliger Sand mit Quarzkörnern und abgenutzten, gerollten Fossilien, welche meist auf Lagern von Conglomeraten und Geröllen ruhen. An den oberen Ufern der Loire sind diese Meeresschichten durch graugelbe Mergel ersetzt, welche durch Verwitterung der benachbarten, krystallinischen Gesteine des Centralplateaus der Auvergne entstanden zu sein scheinen und zahlreiche Arten von Süsswasserschnecken enthalten, die mit Säugethierknochen gemischt sind, welche durchaus mit denen der Meeresbildung identisch sind.

Zu den bemerkenswerthesten Fossilien der Faluns gehören:

Retepora cellulosa.
Dendrophyllia irregularis.
Corbula carinata.
Venus clathrata.
Cardium echinatum.
Pectunculus glycimeris.
Arca diluvii.
Natica olla.
Cerithium tricinctum.
Fusus rostratus.
Cypraea lyncoides, *affinis.*
Murex turonensis.
Conus Mercati.
Manatus fossilis.
Dinotherium giganteum.
Rhinocerus incisivus, *minutus.*
Mastodon angustidens.
Hyaenodon brachyrhynchus.
Hippotherium.

An dem nördlichen Fusse der Pyrenäen findet sich gegen Westen §. 733.
hin ein bedeutendes Tertiärbecken, das eine dreieckige Gestalt zeigt. Die eine Seite dieses Beckens wird von dem Ufer des Biskayischen Golfes bis zur Mündung der Gironde, die zweite von dem nördlichen Rande der Pyrenäen, die dritte von den Südabhängen des granitischen Centralkernes von Frankreich und seines secundären Gürtels gebildet.

Als unterste Schicht kennt man in diesem Becken den **Grobkalk von Bordeaux**, der zuweilen sandig ist, mit Quarzgeröllen gemischt,

bald fest und bauwürdig erscheint. An anderen Orten geht dieser Kalkstein in mergeligen Kalk mit Thongallen und selbst in reine, gelbe oder röthliche Mergel über. Man findet diese Schichten nur stückweise hier und da in tiefen Thaleinschnitten, sie lassen sich aber überall durch dieselben Fossilien, welche dem Pariser Grobkalk ähnlich sind, und namentlich durch eine Unzahl Milioliten wiedererkennen.

Auf diesem Grobkalke ruhen Süsswassersandsteine (*Mollasse d'eau douce*) von sehr wechselnder Beschaffenheit, die indess meist ein kalkiges Cäment zeigen und dadurch der Mollasse in petrographischer Hinsicht sehr ähnlich sind. Oft findet man Puddinge, aus Rollsteinen der Pyrenäen oder der granitischen Gesteine im Norden des Beckens gebildet; an anderen Stellen gelbliche, sandige Mergel mit Eisennieren und Thongallen; dort wieder feste Sandsteine, die man zum Pflastern benutzen kann, und zuweilen eingestreute Bänke von Braunkohlen. In den meisten dieser Schichten hat man Knochen von Paläotherien, Schildkröten und Crocodilen gefunden.

Ueber dieser Süsswassermollasse finden sich weisse, erdige, zuweilen compacte Kalksteine (*Calcaire de l'Agénais*), die nach oben bituminös und bläulich werden. Oft enthalten diese Kalke kieselige Massen, schiefrige Zwischenschichten, Mergel, Thone und Bohnerze. Zahlreiche Knochen von Säugethieren der mannigfachsten Art finden sich in diesen Süsswasserkalken zerstreut; das Lager von Sansans im Gersdepartemente gehört denselben an.

§. 734. Die Faluns von Bordeaux, welche über diesen Süsswasserkalken liegen, bestehen aus kieseligen Thonsandsteinen, die zuweilen kalkig werden und eine ungemeine Masse von Fossilien enthalten, welche alle auf eine Meeresformation schliessen lassen. Die Fauna dieser Faluns stimmt, wie es scheint, in vielen Punkten mit derjenigen der Schweizermollasse überein, und muss vielleicht mit dieser eher der Subappenninenformation, als der miocenen Periode, wie man bis jetzt gethan, parallelisirt werden.

Ueber den Faluns endlich finden sich gewaltige, unklar geschichtete Bänke von Geröllen, die einen Kalkkitt haben, von gelben, kreidigen Kalksteinen, weisslichen Sandschichten mit Quarzgeröllen, abwechselnd mit gelben, eisennierenhaltigen Thonen und Sandlagern. Die unfruchtbare Ebene des Landes ist besonders von diesen losen Sandgeröllen gebildet.

§. 735. In dem Grobkalke von Bordeaux sind unter den sehr zahlreichen fossilen Resten besonders hervorzuheben:

Orbitolites plana.
Spatangus Grignonensis.
Asterias laevis.
Crassatella tumida.
Lucina gigantea.
Pectunculus pulvinatus.
Ostrea flabellula.
Natica patula.

Trochus agglutinans.
Cerithium giganteum, lapidum.
Terebellum convolutum.
Conus deperditus.

In den Faluns von Bordeaux.

Lycophrys lenticularis.
Corbula striata.
Lucina columbella.
Cardium Burdigalinum.
Arca diluvii.
Ostrea virginica.
Natica glaucina.
Trochus patulus.
Astraea Guettardi.
Turritella terebralis.
Cerithium cinctum, plicatum.
Fasciolaria Burdigalensis.
Pyrula rusticula.
Buccinum baccatum.
Oliva plicaria.

Zu diesem Becken gehört das berühmte Knochenlager von Sansan §. 736.
im Cherdepartement, wo man 98 Arten von Säugethieren und Reptilien gefunden hat, die, wie es scheint, durch eine Ueberschwemmung oder einen Strudel dorthin gebracht wurden, und von denen die meisten dieser Localität eigenthümlich sind und fast allen Ordnungen der Säugethiere angehören. Die Schichten, welche diese Knochen enthalten, sind ein ziemlich harter Kalk, über welchem Sand und Sandsteine liegen, die ebenfalls einige, aber nur wenige Knochen enthalten. Im Uebrigen scheint diese Fauna durch die Nashörner, Dinotherien, Hirsche und Antilopen sich besonders der Säugethierfauna der Mollasse anzuschliessen.

Auf der Ostseite des nördlichen Pyrenäenabhanges werden die §. 737.
Ebenen des Languedoc, der Provence und zum Theil die von Burgund von einem ähnlichen Tertiärbecken gebildet, wie das auf der Westseite geschilderte ist.

Die untersten Schichten dieses Beckens werden von groben Sandbänken, rothen oder gelben Mergeln mit Kalkknoten, grauen mergeligen Kalksteinen, bituminösen Thonschiefern in bunter Abwechselung gebildet, zwischen welchen Lager von Braunkohlen eingeschoben sind, die an vielen Orten bauwürdig erscheinen und bald gute, glänzend brechende Kohlen, bald schiefrige, erdige Massen zeigen. Ueber den Braunkohlen finden sich meist blätterige Mergelmassen von allen Farben, die mit Sand- und Kalklagern abwechseln. In allen diesen Braunkohlenschichten (*Terrains à lignites*) finden sich Süsswassermuscheln in grosser Menge, mit Schildkröten- und Crocodilknochen; — ein Beweis, dass sie keiner Meeresbildung angehören.

Ueber den Braunkohlenschichten finden sich dicke, compacte Kalkschichten von grauer oder gelber Farbe, die zuweilen mergelig oder oolithisch werden und an einigen Orten auch in Conglomerate und Puddinge übergehen, welche gelbe und rothe Gerölle enthalten und als Marmor benutzt werden. Zuweilen finden sich auch Kieselkalke und

Mergelschiefer, Macignos und grobe Sandsteine, und endlich als letztes Glied dieser Süsswasserkalke mächtige Schichten von Thon- und Kalkschiefern, die bei Aix namentlich durch ihren Reichthum an fossilen Resten bekannt sind. Man hat darin Vogelknochen und Federn, Schildkröten, viele Süsswasserfische und Crustaceen, Süsswassermuscheln, Palmenblätter, Tannenzapfen und vor allen eine ungemein grosse Menge von Insecten (mehr als 150 Arten) gefunden, deren Bestimmung aber leider nur eine sehr zweifelhafte ist, da trotz der guten Erhaltung dieser Abdrücke von Aix gerade die bei Bestimmung der Insecten hauptsächlich in Betracht kommenden Theile, wie Fühlhörner, Fresswerkzeuge und Beine, nicht gehörig sichtbar sind.

§. 738. In der Umgegend von Montpellier, in den Departements des Gard und des Hérault findet sich über diesen Süsswasserkalken ein eigenthümliches System meist kalkiger Schichten, welche Meeresmuscheln und Säugethierknochen enthalten und unter dem Namen des *Calcaire Moëllon* bekannt sind. Meist erscheinen an der Basis dieser Kalkschichten in unmittelbarer Auflagerung auf dem Süsswasserkalke blaue, oft chloritische Mergel, mit Sandschichten übermengt. Der Moëllonkalk selbst ist ein grobkörniger, blasiger Kalk voll Höhlen und leeren Zwischenräumen, der wie eine aus Muschel- und Polypenfragmenten zusammengebackene Breccie sich darstellt, oft Gerölle und Conglomerate enthält und hier und da in verhärtete Mergel- und Sandschichten übergeht. Es finden sich sehr häufige Fossilien, aber nur selten schön erhalten, darin; die häufigsten sind: *Cerithium plicatum, margaritaceum*; *Ostrea virginica*, *undata*; *Pecten benedictus*, *laticostatus*: *Perna maxillata; Arca diluvii; Palaeotherium; Lophiodon.*

An den Rhonemündungen findet sich statt des Moëllonkalkes eine Ablagerung weicher, sehr feinkörniger, gelblicher Kalksteine, welche dieselben Fossilien besitzen und ebenfalls auf blauen Mergeln ruhen. Weiter nach Nordosten hin zeigen sich bläuliche oder röthliche Sandsteine, mergelige Kalke, zuweilen auch bläuliche Molassensandsteine, alle mit reichlichen Fossilien.

Als oberste Schichten endlich erscheinen bei Montpellier gelbe Sandschichten mit Meeresmuscheln und Säugethierknochen oder Süsswasserkalke von geringer Consistenz; bei Perpignan sandige Mergel mit vielen Fossilien; bei Marseille schiefrige Mergel mit Pflanzenabdrücken und Kalktuffe mit Süsswasserschnecken. Unter den Meeresmuscheln von Perpignan zeichnen sich namentlich aus: *Cyprina islandicoidea*; *Cardium hians; Pectunculus glycimeris; Pinna nobilis; Turbo rugosus; Turritella vermicularis; Cerithium varicosum; Ranella marginata; Rostellaria pes pelecani; Buccinum semistriatum; Terebra duplicata.*

§. 739. Während die Tertiärschichten in ähnlicher Weise sich längs der Isère und der Rhone bis unmittelbar an die Alpen verfolgen lassen, beobachtet man in dem Departement der Drôme eine noch complicir-

tere Bildung derselben; indem ein dreifacher Wechsel zwischen Meeres- und Süsswasserablagerung sich hier findet. An der Basis zeigt sich bunter Quarzsand, zuweilen ganz weiss oder roth mit Spuren von Gyps oder Braunkohlen, Mergel, mit einem hellgelben Kalk abwechselnd, der Kieselknollen enthält, und alle diese Schichten scheinen in süssem Wasser abgesetzt. Hierauf folgt die erste Meeresbildung oder die untere Mollasse, muschelreiche Quarzsandsteine mit kalkigem Cement, die besonders viele Seeigel enthalten. Sie werden überlagert von bunten Kalk- und Thonmergeln, Süsswasserkalken und bläulichen Sandsteinen, die zuweilen Kohlen und Gyps enthalten und die mittlere Süsswasserschicht bilden. Auf diese folgt die obere Meeresmollasse, erdige, feinkörnige Sandsteine, deren Quarzkörner durch ein Thoncäment vereinigt sind und die viele Muscheln besonders aus den Gattungen *Venus* und *Cythere* enthalten. Als oberste Schicht endlich zeigen sich wieder Süsswasserbildungen, blaue Mergel und gelbe Sandlager, die viele Süsswassermuscheln und Braunkohlen enthalten. In dieser Weise gehen die Mollassenbildungen Ostfrankreichs in die eigentliche Mollasse der Schweiz und Savoyens über.

Der ganze weite Raum zwischen den Alpen einerseits und dem Jura andererseits ist nämlich in der Erstreckung von Genf bis Wien von einer gewaltigen Ablagerung sandiger Conglomeratschichten erfüllt, welche man jetzt allgemein unter dem Namen der Mollasse bezeichnet. Durch die Umgegend von Chambery hängt diese Mollasse mit den eben beschriebenen Schichten im Südosten Frankreichs und im Drômedepartement zusammen. In der Nähe von Chambery zeigt diese Mollasse an ihrer Basis Conglomerate mit sandigem Bindemittel und dann blaue, rothe und bunte Mergel mit weissen Adern von Gyps, mergeligem und sandigem Süsswasserkalkstein und einigen dünnen Lagern von Braunkohlen, die an einzelnen Orten ausgebeutet werden. Die Mächtigkeit dieser unteren Süsswassermollasse mag etwa 1000 Meter betragen. Sie liegt gewöhnlich in concordanter Schichtung auf den Jurakalken und steigt bis zu bedeutender Höhe an. Ueber dieser Süsswassermollasse liegt nun die eigentliche Meeresmollasse, ein mehr oder minder harter, grünlichgrauer feinkörniger Sandstein, dessen Schichtung oft nur durch untergeordnete Bänke von Thon, Mergel oder Muschelsandstein bemerkbar wird. Als charakteristische Meeresversteinerungen enthält diese Meeresmollasse besonders zahlreich Haifischzähne und Kammmuscheln. Ueber der Meeresmollasse liegen dann noch Schichten von Sandsteinen, Thon, Geröllen mit Süsswassermuscheln, Braunkohlen, Blätterabdrücken, Tannenzapfen, Abdrücken von Käferflügeln u. s. w., die einer ganz jungen Bildung angehören und auch an der Hebung der alten keinen Theil mehr haben, sondern in horizontalen Schichten sich ausbreiten. §. 740.

In der Umgegend von Genf unterscheidet man hauptsächlich zwei Stockwerke in der Bildung der Mollasse. Das unterste, welches nur sel- §. 741.

ten hervortritt, besteht aus röthlichen Schichten eines feinen Thonsandsteines, mit Thon und Mergeln abwechselnd, und bildet die Basis des Hügels von Cologny zum Beispiel. Ueber dieser rothen Mollasse, die meist keine Versteinerungen enthält, aber doch wohl dem süssen Wasser angehört, liegt körniger Gyps, Stinkkalk, trockene Braunkohlenschmitzen, die eine schiefrige Structur zeigen und mit Mergeln und Kalkbänken abwechseln, welche viele Süsswassermuscheln enthalten. Als oberste Lage folgt ein weisslicher oder gelblicher, meist ziemlich harter Sandstein mit kalkigem Bindemittel, der als Baumaterial ausgebeutet wird und ebenfalls dem süssen Wasser angehört, da er an einigen Orten viele Blätter, besonders auch von Palmen, enthält.

§. 742. Von den Ufern des Genfersees an nehmen nun die Ablagerungen der Mollasse, die sich durch die ganze Schweiz, Baiern und Oberösterreich verfolgen lassen, einen ziemlich einförmigen, normalen Charakter an. An der Basis finden sich Süsswasserablagerungen, röthliche Mergel, graue Sandsteine, Letten, lose und feste Nagelflue und zerstreute Bänke von Pechkohle und Braunkohlen mit vielen Süsswassermuscheln und Abdrücken von Pflanzen, unter welchen sich besonders Palmenblätter auszeichnen, die denjenigen der Zwergpalmen (*Chamaerops*) ähnlich sehen. Ueber diesen Schichten liegt nun die eigentliche Meeresmollasse, deren Mächtigkeit oft ungeheuer ist, und wo man an manchen Orten, wie z. B. in der Umgegend von Bern, Massen von mehren hundert Metern Mächtigkeit kennt, die nicht einmal schichtenartige Absonderungsflächen zeigen, sondern überall denselben harten, grünlich grauen, feinkörnigen Sandstein darbieten, der, je nachdem sein Bindemittel mehr thonig oder kalkig ist, auch der Verwitterung mehr oder minder ausgesetzt erscheint. Die oberen Lager dieses Sandsteines werden an manchen Orten, wie z. B. am Belpberge bei Bern, bei St. Gallen, äusserst versteinerungsreich und haben dann den Namen Muschelsandstein erhalten. Ueber der Meeresmollasse liegt dann wieder eine Reihe Schichten, die aus dem süssen Wasser sich absetzten und die besonders aus Letten, Nagelflue, Kohlenletten und weichen Sandsteinen bestehen.

§. 743. In den oberen Lagern wird die Mollasse meist durch eine eigenthümliche Felsart ersetzt, die Nagelflue oder Gompholith. Es sind dies mächtige, oft zu mehren tausend Fussen anwachsende Schichten sehr variabeler Conglomerate von Erbsengrösse bis zu den grössten Blöcken, die abgerundet sind und alle Charaktere ächter Rollsteine an sich tragen. Diese Nagelfluen sind meist durch ein kalkiges Bindemittel oder auch durch Mollasse zu sehr festen Puddingen zusammengebacken, oft so fest, dass sie zu Mühlsteinen benutzt werden können. Eine merkwürdige Erscheinung, die man bis jetzt nur in den Rollsteinen, welche die Nagelflue zusammensetzen, und auch hier ausschliesslich nur an den Kalksteinen kennt, die in grosser Menge vorkommen,

ist folgende. Die meisten dieser Kalkgeschiebe, wenn nicht gar alle, haben Eindrücke, die oft so tief sind, dass bei kleineren Stücken die Höhlungen beider Seiten kaum durch eine dünne Zwischenwand getrennt scheinen. In eine jede solche Vertiefung passt das entsprechende Stück eines daneben liegenden Geschiebes, so dass man offenbar den Abdruck dieses Rollstückes darin erkennt. Welche die Ursache dieser Eindrücke sei, ist noch nicht ermittelt; so viel ist sicher, dass dieselben sehr häufig sind, keiner Drehung zugeschrieben werden können, da die Eindrücke genau auf den Stempel passen, und nicht kreisrund sind, und endlich, dass dieselben wohl schwerlich einer verschiedenen Härte zugeschrieben werden dürfen, da fast alle Rollsteine dieser Conglomerate aus demselben Kalke bestehen, und dennoch zuweilen dasselbe Stück, welches in einigen seiner Nachbarn Eindrücke bewirkt hat, an anderen Stellen wieder Eindrücke erhalten hat. Alle bis jetzt beobachteten Erscheinungen deuten darauf hin, dass diese Eindrücke erst nach der Ablagerung der Rollsteine, welche die Nagelflue bilden, bewirkt worden sind. Auf welche Weise dies geschah, ist freilich noch nicht erforscht. Die Nagelfluebänke wechseln meist mit röthlichen Thonen und Mergeln ab, in welchen man dieselben Muscheln und dieselben Säugethierzähne findet, wie in der eigentlichen Molasse; so dass über das Zusammengehören dieser Bildungen kein Zweifel sein kann

Das Innere der Jurathäler ist bis in eine gewisse Höhe ebenfalls §. 744.
von Mollasse ausgefüllt, die aber meist nur in Form grünen Sandes oder Sandsteines, höchst selten nur als Conglomerat sich darstellt. Man hat an vielen Stellen in dieser Mollasse Süsswasserbildungen, besonders Süsswasserkalk, bemerkt, der meist in den obersten Lagern vorkommt und deshalb für eine jüngere Bildung gehalten wurde, obgleich seine ganze Ablagerung und jeweilige Einmischung zwischen die Mollasseschichten zeigen, dass er durchaus gleichzeitig mit dieser entstanden ist.

So findet man in dem Laufenthale nach Gressly's Beobachtungen folgende Schichtenreihen. Als unterste Lage zeigen sich Süsswasserbildungen — pisolithische Kalke, darüber rothe oder gelbe Mergel mit schiefrigen oder selbst dolomitischen Kalken, Kiesel und Gyps, und als oberstes Glied schwarze bituminöse Mergel mit weissem Thone und kreidigen Kalkschichten. Alle diese Süsswasserschichten enthalten Land- und Süsswasserschnecken, Knochen von kleinen Nagern und Dickhäutern und Holzstücke. Dann folgen Brackwasserbildungen; glimmerige Sandsteine, Conglomerate aus jurassischen und Nagelfluegesteinen, Mergel und bituminöse Schiefer mit Fischabdrücken, worunter selbst Ganoiden, Austern neben Süsswasserschnecken und Muscheln und dünnen Kohlenlagern. Die obersten Schichten sind reine Meeresbildungen — bunte Molasse, feiner Sand, gelbe sandige Kalksteine und bunte Mergel mit Knochen von Cetaceen, Seeschildkröen, Haifischzähnen, Austern, Korallen, Seemuscheln und Seeschnecken,

so dass also eine allmälige Senkung des Bodens nach und nach diesen Thälern eine Communication mit dem Meere eröffnet haben muss.

§. 745. Eine Linie, welche man von Lausanne aus über Plafeyen an Thun vorbei durch das Entlibuch nach Luzern, und von dort über den Egeri-See nach Trogen im Canton Appenzell zöge, würde für die Schichten der Mollasse in der Schweiz eine Axe bilden, von welcher aus die Schichten nach beiden Seiten gegen Norden und Süden hin abfallen. Man sollte erwarten, dass in der Nähe der Alpen die Schichten so aufgerichtet wären, dass die Erhebung nach dem Inneren der Alpenkette schaute und die Schichtenköpfe dem Centralkerne der Alpen zugewandt wären. Es findet aber gerade das Gegentheil statt. Alle die gewaltigen Mollasse- und Nagelflue-Erhebungen, von welchen der Rigi eines der bekanntesten Beispiele bietet, zeigen die steilen Wände ihrer zerrissenen Schichten gegen die Ebene hin, und ihre Schichten fallen so gegen die Alpen hin ein, als schössen sie unter die Kalklager, welche diese umgeben, und die offenbar zur Kreide- und Juragruppe gehören. Diese exceptionellen Lagerungsverhältnisse müssten demnach der Mollasse nothwendig ein grösseres Alter als die Juraschichten anweisen; — sie erscheinen aber erklärlich durch Annahme einer gewaltigen Spalte, welche längs der Alpen hinläuft und in welche die Mollasseschichten herabstürzten, als die Alpen sich erhoben.

§. 746. Die oberen Süsswasserschichten, welche auch in der Schweiz meistens horizontal liegen, enthalten eine grosse Anzahl von Süsswasserversteinerungen und häufig Lager von Braunkohlen, die besonders bei Käpfnach ausgebeutet werden. Ueberreste von Säugethieren und zwar namentlich von *Lophiodon*, *Dinotherium*, Flusspferden, Nashörnern und Elephanten, finden sich häufig in diesen oberen Schichten vor, die an einigen Orten ganz ausgezeichnet entwickelt sind. Diese oberen Schichten bilden einzelne Becken, von welchen dasjenige von Oeningen in der Nähe des Bodensees bei dem Dorfe Wangen durch seine Versteinerungen besonders bekannt ist. Die unterste, jetzt aufgeschlossene Schicht des Beckens besteht aus indigoblauem, kurzem Mergel, über welchem anderthalb Fuss röthlicher Sandstein lagert, der mit unzähligen Lymnäen erfüllt ist. Darüber kommt schiefriger Kalkstein in zolldicken Lagern vor, der besonders Säugethiere, Schildkröten, Fische und Süsswassermuscheln enthält. Nach oben folgt jetzt weiter eine Schicht mit *Helix*, *Planorbis* und grossen, wohlerhaltenen Schildkröten in bedeutender Menge und hierauf ein von den Arbeitern Krottenschüsseli-Schicht genanntes Lager von Süsswassermuscheln, deren Steinkerne meist nur übrig sind. Darüber eine Schicht, etwas mehr als einen Zoll dick, von leicht spaltbaren Kalkschiefern, die eine grosse Menge von Fischabdrücken enthalten. Sie wird die Aalschicht genannt. Dann mehre Schichten mit vielen vegetabilischen Resten, Blättern, Blüthen und Gräsern, ihrer Aehnlichkeit mit gedruckter Indienne wegen Kattunschichten benannt. Nach oben finden sich in diesen

Schichten besonders Hölzer und über den Dendriten zwei dünne Lager mit vielen gut erhaltenen Fischen. Auf den Fischen ruhen starke Lager, bis $2^1/_2$ Fuss mächtig im Ganzen, von compactem, schiefrigem Kalksteine, in welchem einzig jene bekannten Skelette von Riesensalamandern sich finden, die Scheuchzer für versteinerte Menschenknochen ansprach. Darauf erdige, bröckliche Schichten mit undeutlichen Pflanzen- und Insectenabdrücken, die aber nach oben von einer nur drei Linien dicken Schicht begrenzt werden, die sehr wohl erhaltene Insectenreste enthält. Dann ein sehr schöner, fein spaltbarer Kalkschiefer mit Fischabdrücken und über diesem fünf Fuss sogenannten Mollensteines, der fest, compact, gelblich-grau und ziemlich thonig ist. Auf diesem Mollensteine liegt blaulicher Mergel, über welchem unmittelbar die Dammerde sich hinzieht.

Die in den Oeninger Stinkkalken begrabene Fauna und Flora zeigt sich bei flüchtigem Ueberblicke im Allgemeinen mit derjenigen, die jetzt in der Umgegend herrscht, übereinstimmend, obgleich alle Arten specifisch verschieden sind; — indess zeigen sich doch manche bemerkenswerthe Unterschiede. So fehlt unter den Fischen die Familie der Forellen und Lachse durchaus, während fast dieselbe Zahl von Grundeln, Bärschen, Hechten, Karpfen und Weissfischen in den Oeninger Kalken gefunden werden, wie jetzt in dem benachbarten Bodensee. Unter den Reptilien zeichnet sich ein riesiger Salamander aus, dessen Analogon bis jetzt nur in Japan gefunden und dessen Skelett früher für ein menschliches Skelett gehalten wurde; unter den Säugethieren hat sich namentlich ein fast vollständiges Skelett einer Hundeart gefunden, die dem Fuchse sehr nahe zu stehen scheint.

An der hohen Rhone im Canton Zürich hat man einen blaulichgrauen Mergel gefunden, der die tertiären Steinkohlen dieses Hügels deckt und grossentheils dieselben Pflanzenabdrücke enthält, welche auch in Oeningen vorkommen, obgleich der Schichtenlage zufolge man diese Kohlen mit ihren Mergeln zu der unteren Süsswassermolasse zählen will.

An ihrem östlichen Ende hängt die Mollasse, welche in dieser Art §. 747.
sich längs des ganzen Nordrandes der Alpen verfolgen liess, mit dem Becken von Wien zusammen, welches in ähnlicher Weise wie die Gebilde am Genfersee einige specielle Eigenthümlichkeiten zeigt.

Als unterste Schicht kennt man in dem Wiener Becken einen weissen Kieselsand, der nirgends zu Tage geht und den nur die Bohrversuche zu artesischen Brunnen entdecken liessen. Ueber diesem Sande liegen etwa 300 Fuss mächtige Schichten von blauen Mergeln, deren Fossilien zwar nur wenig bekannt sind, aber doch im Ganzen mit denjenigen des Londonthones übereinzustimmen scheinen. Es folgen darauf nach oben gelbe Sandschichten mit einigem kalkigen Grand, etwa 120 Fuss mächtig, und dann 40 Fuss eines überaus petrefacten-

reichen, blauen Mergels, den man mit dem provinziellen Namen des Tegels belegt und als eine der charakteristischsten Formationen der mittleren Tertiärgebilde ansieht. Viele Fossilien des Tegels scheinen identisch mit den Petrefacten von Bordeaux.

Ueber dem Tegel lagert eine etwa 350 Fuss mächtige Kalkformation, deren aufgerichtete Schichten zu beiden Seiten die Gehänge des Leithagebirges bilden und deshalb mit dem Namen Leithakalk bezeichnet werden. Die unteren Lager dieses Leithakalkes enthalten zuweilen Braunkohlen und sind meist Kalkconglomerate und Breccien, oder auch mollassenartige Sandsteine mit kalkigem Kitte, während die oberen Schichten einen compacten Korallenkalk mit vielen Meeresversteinerungen und einigen Säugethierknochen darstellen, welche besonders dem Dinotherium und anderen Thieren der mittleren Tertiärperiode angehören. An einzelnen Stellen findet sich der Leithakalk überdeckt mit 100—140 Fuss mächtigen Bänken eines harten, blasigen, lichten Kalksteines, der viele Süsswassermuscheln enthält. Meist indess ist der Leithakalk unmittelbar überdeckt mit Sand- und Kiesschichten, die untergeordnete concretionirte oder oolithische Kalksteine enthalten, und Mastodon-, Dinotherium-, Anthrakotherium-Reste u. s. w. eingeschlossen haben. Als oberste Schicht endlich findet sich ein feiner sandiger Lehm, der Löss, mit Landschnecken und Elephantenknochen; — seine Dicke beträgt etwa 60 Fuss.

§. 748. Die Tertiärgebilde von Wien, die man meist unter dem Namen der Tegelgebilde begreift, schliessen sich nördlich an die galizischen, polnischen, volhynischen und russischen Tertiärgebilde an, welche, in mineralogischer Folge wechselnd, ähnliche Verhältnisse der Fossilien darbieten.

Unter diesen sind besonders diejenigen Tertiärgebilde wichtig, welche längs der Karpathen hinstreifen und denen die grössten Salzgruben der Welt, diejenigen von Wieliczka in Galizien angehören. Das Karpathengebirge selbst besteht zum grössten Theile aus Sandsteinen, die ihren Petrefacten zufolge theils dem Jura, theils der Kreide angehören, wenn sie gleich mineralogisch nicht genau geschieden werden können. Auf diesen liegen ungeheure Massen von Nummulitenkalk und Fucoidensandsteinen oder Flysch, die den in der Schweiz vorkommenden Gebilden vollkommen ähnlich und wie diese mannigfaltig aufgerichtet und überstürzt sind. An dem Fuss des Gebirges nun und in Buchten und Einschnitten dieser dem Eocen angehörenden älteren Tertiärgebilde liegen die wohl der Mollasse und den oberen Schichten des Wiener Beckens gleichzustellenden mittleren Tertiärgebilde an, deren Salz sich in drei parallelen Linien zeigt, von denen die nördlichste in Oberschlesien und bei Lublin, die mittlere bei Wieliczka und Bochina, die südlichste bei Eperies und Karlsburg in Siebenbürgen entwickelt ist. Das Becken von

Wieliczka ist am genauesten untersucht. Die Masse dieses Beckens wird hauptsächlich von grauem Salzthone gebildet, der auch wohl in Mergel übergeht und in den untersten Abtheilungen auch Gerölle und Bruchstücke des Flysches enthält, auf welchem dieser Thon unmittelbar aufzuruhen scheint. Dieser Thon ist wohlgeschichtet, enthält viele Versteinerungen, die denjenigen des Wiener Beckens entsprechen, und wechsellagert mit Gyps, Anhydrit und Salz, das entweder in grossen cubischen Klumpen oder in lang gezogenen Massen abgelagert ist und von den Bergleuten je nach seiner Reinheit in mehre verschiedene Arten getrennt wird. Auch das Salz selbst enthält Versteinerungen, worunter besonders Rhizopoden, kleine Krebschen und einige Muscheln zu erwähnen sind, und in den Thonen kommen ausser den Muscheln und Cytherinen, die dort sehr häufig sind, auch Braunkohlen, besonders von Nussbäumen gebildet, vor. Die ganze Salzformation schliesst nach oben mit rothen Mergeln und schwarzem, gypshaltigem Thone, über welchen dann loser Sand mit vielen tertiären Versteinerungen und dann Löss folgt, der die gewöhnlichen Schnecken und Zähne von Elephanten und Nashörnern enthält, also offenbar der quaternären Periode angehört.

Mittlere Tertiärgebilde in Deutschland.

Eine ausgezeichnete Entwickelung dieser Bildung findet sich längs der Ufer des Rheines im Norden von Bingen und erfüllt nicht nur den ganzen Winkel zwischen Rhein und Nahe bis weit nach Süden in die Pfalz hinein, wo sie sich überall an die Vogesen anlehnt, sondern erstreckt sich auch auf dem rechten Rheinufer längs des Mains bis gegen Aschaffenburg, und dann dem Lauf der Wetter entlang in den Winkel zwischen Vogelsberg und Taunus bis in die Nähe von Giessen. Es ist dieses weite Tertiärbecken, welches bei Bingen durch das rheinische Uebergangsgebirge vollkommen geschlossen war, unter dem Namen des Mainzer Beckens bekannt. Es zeichnet sich durch einen allmäligen Wechsel von Meeres- zur Süsswasserbildung, durch die Entwickelung von Kalk in seinen unteren und von Letten und Braunkohlen in seinen oberen Schichten vorzüglich aus. Als unterste Schicht kennt man in dem Becken, das überall unmittelbar auf dem bunten Sandsteine, dem Basalte, dem rheinischen Schiefergebirge und der Kohlenformation der Pfalz aufliegt, einen blauen plastischen Thon, der seinen leitenden Muscheln *Natica sigaretina*, *Crassatella sulcata*, *Ancillaria buccinoides*, *Arca diluviana* und *Fusus polygonus* nach eine Meeresbildung und nur an sehr wenigen Stellen im Salzathale aufgeschlossen ist, den man aber auch an anderen Stellen des Beckens durch Brunnen erreicht hat. §. 749.

Ueber diesem unteren Meeresthone liegt ein mehr oder minder feinkörniger Sand, der zuweilen fester wird und mit Bänken von Ge-

röllen, Conglomeraten und Sandsteinen abwechselt, die nur ein Zerstörungsproduct der benachbarten massigen Gesteine zu sein scheinen, da sich in ihnen eine Menge Fragmente und Körner von Porphyr, Quarz und Melaphyr finden, welche Felsarten alle den benachbarten Schichten des pfälzischen Kohlenbeckens angehören, in dessen Umkreise besonders diese Sandschichten vorkommen. Ausser Cerithien finden sich in diesem Sande hauptsächlich Haifischzähne, Austern (*Ostrea callifera*), viele Polythalamien und Reste eines walfischartigen Thieres, der *Halianassa Studeri* und *Collini*, die auch in der Mollasse der Schweiz vorkommt.

Auf diesem Sande liegt der sogenannte Septarien- oder Cerithienthon, blauer Letten und Mergel, der zuweilen kleine Nester einer älteren Braunkohle einschliesst, die reich an Schwefelkiesen ist und an einzelnen Stellen ausgebeutet wird. Die Versteinerungen, worunter besonders *Cerithium margaritaceum*, *Cerithium plicatum*, *Buccinum Cassidaria*, *Fusus polygonus*, *Cyrena subarecta*, *Pectunculus pulvinatus*, *Venulites Brochii* häufig vorkommen, zeigen offenbar auf meerischen Ursprung dieses Lettens hin, während die einzelnen Braunkohlen beweisen, dass hier und da sumpfige Wälder an den Küsten existirten, welche durch Oscillationen des Bodens wieder versenkt wurden. Als obere Abtheilung dieser Schichtengruppe hat man unter dem Namen des Cyrenenmergels eine Brackwasserbildung unterschieden, in welcher besonders *Cyrena subarata* nebst Pflanzenresten und Süsswassermuscheln vorkommt.

Nach oben gehen diese Mergel in compacte Kalksteine von gelber oder röthlicher Farbe mit leichtwelligem oder schaligem Bruche über, die zuweilen mit Kalktuffen, Oolithen und Sandschichten wechseln und in welchen hauptsächlich die Cerithien vorherrschen, so dass man diese Kalke mit dem Namen der Cerithienkalke belegt hat. Einlagerungen von Süsswasserkalken, die sich namentlich bei Hochheim und Kloppenheim zeigen und mit Mergellagern abwechseln und viele Arten von *Helix*, *Planorbis*, *Limneus*, *Succinea*, *Pupa* und Paludinen zeigen, beweisen evident, dass hier und da Einmündungen süssen Wassers in dieses Becken statthatten.

§. 750. Der Charakter der Versteinerungen wechselt nun allmälig in den folgenden Schichten. Wahrscheinlich hatte sich ein Durchbruch bei Bingen gebildet und das Becken bot nun etwa diejenigen Verhältnisse dar, welche man noch jetzt an den Lagunen des Mittelmeeres bemerkt, wo durch Mischung von Meerwasser und süssem Wasser das sogenannte Brackwasser gebildet wird; denn nun erscheinen zersprungene und zerklüftete Kalkmassen von rauhem, conglomerirtem Ansehen, die oft 30 Meter Mächtigkeit haben, keine oder nur verworrene Schichtung zeigen und nach oben in kreideartige Schichten mit rothem und grünem Letten, Mergel und Thon und dünne Lagen faserigen Kalkes übergehen. Ausser anderen Versteinerungen führen diese Kalke namentlich Littorinellen in zahllosen Mengen, die man auch als charakteristische Bewohner der

mittelmeerischen Lagunen findet. Einzelne schwache Schmitzen von Braunkohlen, die vielen Gyps und Schwefelkies enthalten, zeigen sich in diesen Littorinellenkalken, die besonders bei Weissenau in der Nähe von Mainz als ausserordentlich reiche Fundstätte von Wirbelthierresten sich gezeigt haben. Aus dem ausgegrabenen Schutt einiger Keller, welche der Rhein ausgewaschen hatte, hat man etliche dreissig Säugethierarten, Frösche, Salamander, Schlangen, Schildkröten und Vögel herausgefunden, die besonders kleineren Arten angehörten, und unter welchen wir namentlich Trionyxarten, *Aceratherium*, *Hyotherium*, *Microtherium* und *Palaeomeryx* erwähnen.

Während des Absatzes der Littorinellenkalke hatte sich der Spiegel des Beckens offenbar tiefer gesenkt, so dass nur in dem höchsten nördlichen Theile in der heutigen Wetterau auf dem schlammigen Boden eine äusserst üppige Vegetation entstand, die grosse Aehnlichkeit mit derjenigen der südlichen Theile der nordamerikanischen Freistaaten hat und hauptsächlich Nadelhölzer, Ahorne, Birken und Nussbäume zeigt. Ausserdem hat man dort Weinreben, Cypressen, Taxus- und Kastanienarten gefunden, die auf ein wärmeres Klima, als das jetzige der Wetterau ist, hindeuten. Meistens sind diese jüngsten Braunkohlen der Wetterau erdig und so zersetzt, dass man wohl auf längeres Flötzen des Holzes schliessen kann; nur an einigen Stellen, wie namentlich bei Salzhausen, zeigen sich Stämme, Blätter und Früchte ausserordentlich wohlerhalten. Die Braunkohlen haben oft eine grosse Mächtigkeit und scheinen fast überall in der ganzen Erstreckung der Wetterau unter den überlagernden Thonmassen vorhanden. Das Lager von Salzhausen hat eine Mächtigkeit von etwa 40 Metern. An einzelnen Stellen, wie namentlich bei Laubach, schieben sich Massen von Basalt theils zwischen die Braunkohlen ein, theils werden dieselben von einer Basaltdecke überlagert, ein Beweis, dass jene Basaltausbrüche des Vogelsberges während und nach der Zeit statthatten, in welcher diese üppige Vegetation im Umkreise des vulcanischen Gebirges existirte. §. 751.

Ueber und unter den Braunkohlen der Wetterau liegt gewöhnlich Thon, der bald weiss, bald buntgefleckt, bald durch eingeschlossene Kohlentheile schwarz oder grau erscheint, mit Sandschichten abwechselt und viele Blätterabdrücke und Früchte enthält, zu welchen sich noch als verbreitete Versteinerung die *Cyrena Faujasii* gesellt. Es ist dieser Thon offenbar aus zersetztem Basalte hervorgegangen und an einigen Stellen, wie namentlich bei Münzenberg, durch eingesickerte Kieselerde und vielleicht auch durch spätere basaltische Durchbrüche verhärtet. Auf diesen Thon folgt bald weisser, bald ockergelber Sand mit vielen Blätterabdrücken, der sogenannte Blättersandstein, der oft durch Eisenoxydhydrat zu festen Sandsteinplatten verkittet ist und nach oben in feinkörnige Sandsteine, Conglomerate und wüste Kieselmassen übergeht, die nur selten Versteinerungen enthalten, aber vielfach in Klüf-

ten Ablagerungen von Schwerspath, Kiesel und Brauneisenstein zeigen. Ueber diesen Sandsteinen folgt dann der Lehm und Letten mit Elephanten- und Nashornzähnen, der dem Löss des Rheinthales entspricht.

§. 752. In dem Rheinthale selbst finden sich über den Littorinellenkalken kleine Fetzen sandiger Ablagerungen, deren Korn von oben nach unten an Feinheit abnimmt und deren unterste, unmittelbar auf dem Meereskalke liegende Schicht von einem kurzen, bläulichen Töpferthone mit Süsswassermuscheln gebildet wird. Auf diesem Thone liegen nun mächtige Gerölle, oft durch einen kalkigen Kitt zu Conglomeraten vereinigt, oft lose, mit einer grossen Anzahl von Ueberresten fossiler Säugethiere, deren vereinzelte, zerbrochene Knochen und Zähne offenbar so liegen, wie sie ein mächtiger Strom aus der Ferne her angeschwemmt und abgesetzt haben würde. Die Reste, welche in diesem oberen Knochensande gefunden werden, gehören hauptsächlich dem *Dinotherium*, *Rhinoceros*, *Mastodon* u. s. w. an. Sie unterscheiden sich nur insofern von den unterliegenden Kalken, als in ihnen viele grössere Thiere, wenigstens in einzelnen Bruchstücken, vorkommen — mit dem Löss haben sie auch nicht eine Species gemein. Je weiter nach oben man in die Schichten dieses Knochensandes dringt, der namentlich bei Oppenheim und Eppelsheim in kleinen Mulden abgelagert ist, desto feiner wird das Korn seiner Gerölle, desto seltener aber auch die Reste grösserer Thiere, während sich dann Knochen von Nagern, Insectenfressern und kleinen Raubthieren finden.

Längs der Ränder des Beckens ziehen sich Bedeckungen jener eigenthümlichen feinen, sandig kalkigen Schlammerde hin, die am Rheine unter dem Namen Löss bekannt ist und die wir später im Zusammenhange betrachten werden.

§. 753. Eine ähnliche Ablagerung, wie die von Mainz, findet sich in Baiern in der Gegend von Georgensgmünd, wo ein ziemlich isolirter Kalkhügel der Rest eines grossen Tertiärbeckens zu sein scheint, welches sich früher über ganz Mittelbaiern erstreckte und von dem hier und da noch einzelne Punkte übrig geblieben sind. Die Knochen von Georgensgmünd gehören hauptsächlich zu *Mastodon angustidens*, *Dinotherium*, *Hyotherium*, *Rhinoceros incisivus*, *Palaeotherium aurelianense*, verschieden von den im Pariser Gypse vorkommenden Paläotherien.

Tertiärgebilde in Italien.

§. 754. Während der Südabhang der Alpen gegen die lombardische Ebene nur hier und da von Nummulitenbildungen bekleidet wird, an welche sich unmittelbar die Geröllbildungen der Ebenen anlehnen, zeigt sich im Gegentheile an dem Nordabhange des Apennins eine lange Zone mittel- und neutertiärer Bildung, die sich von Turin nach Ancona in fast gerader Linie verfolgen lassen und von dort an bis zum Monte

Gargano das Ufer des adriatischen Meeres bilden. In der Nähe von Turin zeigt sich der letzte Ausläufer dieser Tertiärbildung auf dem Hügel der Superga in dem Bogen, welchen der Po zwischen Turin und Alessandria macht. Als Basis der Superga erscheinen die Nummulitenkalke, namentlich bei Gassino, und auf ihnen liegen ziemlich verworfene Schichten von dünnen blätterigen Mergeln, kalkigen Sandbänken mit Puddingen, nagelflueähnlichen Massen, welche ungemein reiche Lagerstätten von Fossilien bieten. Ueber diesen Schichten, die offenbar der schweizerischen Mollasse entsprechen, liegen blaue Mergel und lose Sandschichten, die zu der Subapenninen-Formation gehören, welche sich nun von hieraus in der angegebenen Erstreckung längs des Apennins über den Mollassen-Nagelfluen dieses Gebirges fast überall nachweisen lässt.

Die untersten Schichten dieser Formation bestehen aus blauen oder grauen Mergeln, mit einer ungeheuren Menge von Seemuscheln, welche im Durchschnitte eine grosse Aehnlichkeit mit vielen jetzigen Muscheln bieten. Ueber diesen Mergeln liegen lose, gelbliche Sandschichten, welche dieselben Fossilien in grosser Quantität enthalten. Hier und da finden sich Süsswasserbildungen, welche, wie es scheint, den mergeligen und sandigen Meeresbildungen aufgelagert sind. Zu diesen Süsswasserbildungen gehören namentlich diejenigen im Thale des Arno bei Florenz, wo auf den blauen Thonen, die untergeordnete Torflager enthalten, glimmerhaltige, gelbe, bald mehr oder minder feine Sandschichten ruhen, die zuweilen eisenschüssig sind und viele Süsswassermuscheln und Knochen enthalten. Ueber diesen Sandschichten erst kommen mächtige Lager von geschichteten Geröllen, in welchen mehre Schichten von Säugethierknochen, namentlich Nashörnern, Elephanten, Flusspferden etc. vorkommen, die oft vortrefflich erhalten sind und schon seit langer Zeit ausgebeutet werden. Diese Knochenlager zeigen durchaus dieselben verworrenen Schichtungsverhältnisse, wie die Gerölle, und sind offenbar in derselben Weise, wie diese, abgesetzt worden.

Es würde zu weit führen, wollten wir hier auf die Tertiärbildungen §. 755.
der aussereuropäischen Länder weiter eingehen, da dieselben in ihren wesentlichen Charakteren den schon geschilderten entsprechen. Wir erwähnen nur, dass namentlich in Nordamerika eine grosse Reihe von verschiedenen Tertiärbildungen vorkommt, die grösstentheils den mittleren und jüngeren Tertiärbildungen Europas entsprechen. Besonders merkwürdig sind in dem neuen Continente die Tertiärschichten von Alabama geworden, in welchen man die Ueberreste jener riesigen Cetaceen entdeckt hat, die unter dem Namen Zeuglodon (*Hydrarchos*) bekannt sind, und die hauptsächlich aus sandigen Kalken bestehen, die man den mittleren Tertiärgebilden zuzurechnen gewohnt ist.

Quaternäre Bildungen.

§. 756. Die Ablagerungen, welche wir dieser Epoche zurechnen, entsprechen etwa dem neueren Pliocen und Pleistocen, und gehören alle entweder Süsswasserablagerungen an, die sich in Seen bildeten oder Ansammlungen, welche in Höhlen und Spalten sich finden, oder auch emporgehobenem Meeresstrande, der jetzt über dem Wasser liegt und Einschlüsse zeigt, die mit den jetzt in demselben Meere lebenden Thieren so ziemlich identisch sind. Es hält ausserordentlich schwer, diese verschiedenen Ablagerungen mit einander zu parallelisiren, da es meistens nur einzelne Fetzen sind, welche hier und da zerstreut in Niederungen älterer Gebilde sich anhäuften. Indessen dienen hauptsächlich die Knochen der Säugethiere, welche grossentheils jetzt noch lebenden Gattungen angehören, zur Erkennung dieser Ablagerung, wenn man gleich dabei bemerken muss, dass alle diese Säugethiere, wie Elephanten, Nashörner, Flusspferde etc., zur Zeit dieser Ablagerungen einen weit bedeutenderen Verbreitungskreis besassen als jetzt. Ablagerungen dieser Art finden sich namentlich in England an einzelnen Orten, sowie in Frankreich an vielen Stellen, wo sie sich theilweise durch einen ganz besonderen Reichthum an Versteinerungen auszeichnen.

§. 757. In der Umgebung des granitischen Centralkernes von Frankreich finden sich einige kleine Tertiärbecken, welche die Thäler der Auvergne ausfüllen. Das grösste derselben tritt in dem durch den Zusammenfluss der Loire und des Allier gebildeten Winkel auf, in welchem auch Clermont, die Hauptstadt der Auvergne, liegt. Die untersten Schichten dieses Beckens werden von rothen Mergeln gebildet, die zuweilen mit compacten, weissen Kalksteinen abwechseln und in der Mitte des Beckens sehr mächtig werden, während an den Rändern die Kalksteine überhand nehmen und sandig werden. In den oberen Schichten dieser Bänke finden sich namentlich gelbliche, fragmentarische Kalksteine, harte Sandsteine, körniger Gyps mit vielen Säugethierknochen und Süsswassermuscheln. Die Schalen der kleinen Krebse, welche Cypris genannt werden, bilden oft förmliche Schichten. Unter den fossilen Muscheln zeichnen sich besonders aus: *Paludina Dubuissonii, arvernensis; Limnaea cornea; Planorbis rotundatus; Helix Ramondi, Cocquii; Cyrena depressa;* — unter den Säugethieren: *Mustela plesictis; Viverra antiqua*; *Hyaenodon leptorhynchus; Anthracotherium magnum, velaunum; Oplotherium;* neun Arten von Hirschen (*Cervus*); *Talpa antiqua*; *Erinaceus arvernensis; Steneofiber.*

Ueber diesen grösseren Becken finden sich hier und da zerstreut Flecken von neueren Schichtenbildungen, meist aus vulcanischen Tuffen und Bimssteinen zusammengebacken, worin viele noch unbestimmte

Fisch-, Insecten- und Pflanzenreste vorkommen, und die eine wahre Fundgrube für Säugethiere neuerer Formationen geworden sind. Man hat hauptsächlich bis jetzt darin folgende Thiere gefunden: *Ursus arvernensis; Lutra arvernensis; Felis* (*Steneodon*) (*Ursus*) *cultridens*, *arvernensis*, *brevirostris etc.; Canis; Hyaena arvernensis; Elephas primigenius; Mastodon angustidens; Rhinoceros elatus; Tapirus arvernensis*; *Cervus* 15 Species; *Hystrix cristata; Equus; Hippopotamus; Antilope; Capra*; *Bos; Castor* etc. Dem ganzen Verhalten dieser Säugethierfauna nach muss demnach diese Bildung den Knochenhöhlen und dem Diluvium parallelisirt werden. Aehnliche Ablagerungen finden sich auch in Südfrankreich und in Italien, von woher wir schon die knochenführenden Sand- und Geröllager aus den Thälern des Po und des Arno erwähnten, und nicht minder häufig sind kleine Ablagerungen dieser Art in Deutschland und den östlichen Gegenden Europas.

In weit ausgedehnterem Maasse und in weit grösserem Zusammen- §. 758.
hange, als in Europa, finden sich analoge Schichten in Amerika entwickelt. Besonders bekannt ist das ungeheure südamerikanische Becken der Pampas, welches das ganze Stromgebiet des Rio Plata, Rio Negro und der weiter südlich gelegenen Flüsse einnimmt, zwischen den beiden parallelen Bergketten der Cordilleren im Westen und der brasilischen Höhenzüge im Osten von dem 17. Grade südlicher Breite bis zur Magellansstrasse sich hinzieht, und den unübersehbaren Ebenen der Pampas als Grundlage dient. Die in diesem Becken befindlichen Niederschläge lassen sich in drei Abtheilungen bringen. Zu unterst zeigen sich meist lose Sandsteine, zuweilen Conglomerate bildend, die mit Thonen abwechseln, in welchen man bis jetzt noch keine Fossilien entdeckt hat. Man hat diesen Schichten den Namen der Guarani'schen Reihe beigelegt. Ueber ihnen liegen Kalksteine, Sand- und Thonschichten mit einer reichen, durchaus eigenthümlichen Fauna erloschener Muschelarten, welche eine Meeresbildung beurkunden, wenigen Pflanzen- und Säugethierresten, welche man die Patagoni'sche Reihe genannt hat. Als letztes Glied endlich finden sich mächtige Lager grauer und bläulicher Thone, mit untermischten Sandsteinschichten, welche der Zeit der Knochenhöhlen und Knochenbreccien angehören, und diese Pampasthone enthalten jenen ungemein grossen Reichthum fossiler Säugethierknochen, aus welchem die Wissenschaft schon so manches merkwürdige Resultat gezogen hat. Dieser Pampasthon ist es, welcher die Megatherien, Glyptodonten etc. geliefert hat; — jene eigenthümliche Schöpfung von riesenhaften Faulthieren, Ameisenfressern, Gürtelthieren und sonstigen Zahnlosen (Edentaten), welche etwa in demselben Verhältnisse zu der jetzigen Säugethierfauna Südamerikas stehen, wie die Mastodonten, Elephanten etc. zu der jetzigen Fauna der alten Welt.

Ueber dem Pampasthone finden sich hier und da, oft bis auf 40

Stunden Entfernung von der Meeresküste, Bänke von Muscheln, deren fossile Schalen durchaus mit den noch jetzt im benachbarten Meere lebenden übereinstimmen und die beweisen, dass noch in der jetzigen Periode der südamerikanische Continent sich allmälig, wenn auch nicht überall, doch wenigstens local über die Meeresfläche emporhebt. Einige dieser Muschelbänke, in welchen die Muscheln ganz so sich finden, wie sie auf dem Grunde des Meeres lebten, sind jetzt 30 bis 60 Fuss über dem Niveau des Meeres erhaben.

§. 759. An vielen Orten Brasiliens findet man eine Schicht rothen Thones mit Sand- und Geröllbänken untermengt, die 10 bis 50 Fuss mächtig den Boden bedeckt und überall in die vielen Höhlen eindringt, welche die kalkige Küstenkette Brasiliens zeigt. In dieser Schicht liegen bunt durch einander die Reste einer äusserst merkwürdigen Schöpfung, deren grosse Bedeutung für die Zoologie namentlich man erst in den neueren Zeiten recht kennen gelernt hat. Man hat bis jetzt mehr als hundert Arten fossiler Säugethiere aus dieser rothen Thonschicht der Höhlen Brasiliens bestimmt, worunter eine grosse Anzahl Affen, Raubthiere (besonders Katzen und hundeartige Thiere), eine grosse Anzahl von Nagern, Beutelratzen (*Didelphys*) und namentlich eine grosse Menge zahnloser Säugethiere (Edentaten), während die Dickhäuter verhältnissmässig gegen die fossilen Faulthiere, Megatheriden und Gürtelthiere selten sind, und auch, Mastodonten und Pferd ausgenommen, nur aus Geschlechtern bestehen, die noch heute in Südamerika leben, nämlich aus Tapirs und Pecaris. Ausser diesen Säugethieren finden sich mehre Arten von Straussen und anderen Vögeln, Schlangen, Eidechsen, Crocodilen und Batrachier in grossen Mengen. Es schliessen sich diese Knochenthone Brasiliens nahe an die Pampasthone des Rio de la Plata an; nur mit dem Unterschiede, dass hier wie in den europäischen Höhlen und Knochenbreccien alle Knochen unter einander liegen, oft zerbrochen sind oder deutliche Spuren von Rollung zeigen, während man in den Pampas meist ganze Thiere zusammenfindet, wie die vielfachen Skelette beweisen, die man schon von dorther erhalten hat.

§. 760. Auf mehren Punkten von Neuholland hat man ähnliche Knochenbreccien und Knochenhöhlen gefunden, wie in Europa, deren geognostische Verhältnisse durchaus mit den aus unserem Welttheile geschilderten übereinstimmen. In dem Wellington-Thale, ferner in Südaustralien, bei Melbourne und auch an mehren anderen Orten wurden solche fossile Reste gefunden, die auf höchst eigenthümliche Weise von den gleichzeitig in Amerika und Europa begrabenen Faunen abweichen, und zwar ganz in ähnlicher Weise, wie die jetztlebende Thierschöpfung Neuhollands von derjenigen der übrigen Continente sich auszeichnet. Alle bis jetzt einheimisch in Neuholland gefundenen Thiere gehören, mit Ausnahme der noch tiefer stehenden Monotremen (Schnabelthiere),

der Classe der Beutelthiere oder Didelphen an, bei welchen das Junge in höchst unvollkommenem Zustande geboren wird und erst an der Zitze hängend sich ausbildet. Die jetzt lebenden Beutelthiere bilden eine den übrigen Säugethieren analoge Reihe; — man findet Fleischfresser, Insectenfresser, Vierhänder, Nager und Wiederkäuer unter ihnen, so dass man fast allen Gruppen der monodelphen Säugethiere eine analoge Gruppe von Beutelthieren zur Seite stellen kann. Die paläontologischen Forschungen haben nun erwiesen, dass auch in den Knochenbreccien Australiens derselbe Charakter vorwiegend ist, indem man fossile Känguruhs, theilweise von kolossaler Grösse, Beutelwölfe, Wombats, Insectenfresser und Vierhänder gefunden hat, die sämmtlich zu den Beutelthieren, und zwar meist zu noch lebenden Geschlechtern gehören, aber bestimmt verschiedene Arten bilden. In neueren Zeiten hat man auch nachgewiesen, dass verschiedene Arten von Dickhäutern dort zur Diluvialzeit gelebt haben, deren eigenthümliche Charaktere ebenfalls darauf hinzuweisen scheinen, dass sie Beutelthiere waren. Alle bis jetzt gefundenen fossilen Reste Neuhollands gehören demnach Beutelthieren an, mit einziger Ausnahme vielleicht des Mastodon, von welchem man einen sehr wohlerhaltenen Zahn gefunden hat, der einer eigenthümlichen Species angehörte. Vielleicht dass es auch beuteltragende Mastodonten gab; der bis jetzt bekannte Zahn berechtigt indess nicht zu dieser Annahme. Abstrahirt man von dieser Ausnahme, und betrachtet man die Vertheilung der Säugethiere während der Diluvialzeit im Grossen, so stellt sich das Gesetz heraus, dass dieselben Formen, welche wir jetzt auf gewissen Continenten treffen, auch schon zur Diluvialzeit auf dieselben beschränkt, aber durch andere Arten repräsentirt waren.

Unter den fossilen Säugethieren Australiens verdienen besonders aufgeführt zu werden:

Phalangista.	*Phascolomys.*
Dasyurus laniarius.	*Diprotodon australis.*
Hypsiprymnus.	*Nototherium inerme, Mitchellii.*
Macropus Titan, Atlas.	*Mastodon australis.*

In Neuseeland haben sich ähnliche Knochenbreccien gefunden, §. 761.
wie in Neuholland, und auch hier bestätigt sich das Gesetz der Beschränkung derselben analogen Formen auf denselben Landstrich während unserer und der Diluvialzeit. Das einzige auf Neuseeland einheimisch gefundene Säugethier war eine kleine Ratte; dagegen findet man dort einen höchst eigenthümlichen Vogel ohne Flügel, der in einiger Beziehung den Straussen sich nähert und Apteryx genannt wird. Die Knochenbreccien Neuseelands enthalten eine grosse Menge von gigantischen Vogelknochen, welche einem Geschlechte angehören, das viele Beziehung zum Apteryx hat und Dinornis genannt wurde. Man hat schon sechs verschiedene Species dieser Vögel gefunden, die sich durch

eine ausserordentliche Entwickelung der Knochen der Beine auszeichnen und mit Mark gefüllte Knochen hatten, während die jetztlebenden Vögel hohle, mit Luft gefüllte Knochen besitzen. Die Dinornis-Arten, deren einige mehr als doppelt so gross als der Strauss gewesen zu sein scheinen, konnten demnach nur laufen, nicht fliegen. Säugethierknochen sind in Neuseeland noch nicht entdeckt worden.

§. 762. In fast allen Ländern der Welt findet man die Spalten der Felsen, die **Höhlen**, welche besonders in den Kalkgebirgen als Folgen der Erhebungen und der dadurch bedingten Risse sich finden und die später durch Auswaschung erweitert wurden, zuweilen auch das flache Land streckenweise mit Schichten von röthlichem, eisenhaltigem Lehm, Sand und molassenartigen, unzusammenhängenden Sandsteinen erfüllt, innerhalb welcher sich nicht nur Gerölle verschiedener Grösse, sondern auch grosse Mengen von Knochen finden. Die Höhlen namentlich haben von jeher die Aufmerksamkeit auf sich gezogen, da ihre zuweilen überraschenden Formen, ihre weite Erstreckung auch den bloss Neugierigen reichlichen Stoff boten. Auf die Entstehung und Ausbildung dieser Höhlen kann erst später bei der Hebung der Gebirge selbst eingegangen werden; — hier genügt es, zu bemerken, dass die grössten und schönsten derselben in Kalkgebirgen vorkommen und dass sie meist ein System mehr oder minder grosser gewölbter Räume darbieten, welche durch engere, oft senkrecht abfallende Canäle mit einander verbunden sind. Der Boden der meisten dieser Höhlen wird von Lagern des erwähnten rothen Thones, der meist mit Geröllen gemischt ist, bedeckt, und über dieser knochenführenden Thonschicht breitet sich fast immer eine mehr oder minder dicke Decke von Stalaktitenkalk aus, dessen Bildung stets in den Höhlen durch das von aussen eindringende Wasser unterhalten wird, welches beim Durchsickern durch die Felsen sich mit kohlensaurem Kalke sättigt und beim Verdunsten in den Höhlen denselben wieder in Gestalt von Stalaktiten absetzt. Meist dringen diese Stalaktitenmassen in alle Risse und Zwischenräume der Lager des Knochenthones und verbinden diesen häufig zu einer harten Breccie. Jedenfalls ist es nöthig, um sich von der Anwesenheit von Knochen in einer Höhle zu überzeugen, diesen Fussboden von Stalaktiten aufzubrechen und die Knochenlager unter demselben zu suchen. Seine Anwesenheit scheint eine fast wesentliche Bedingung zur Erhaltung der fossilen Knochen zu sein, indem er sie vor dem Zutritte der Luft und vor Verwitterung schützt. In den Breccien, welche die nach oben offenen Spalten der Felsen an vielen Orten erfüllen, sonst aber dieselbe Natur mit dem Fussboden der Höhlen theilen, zeigen sich die Knochen im Allgemeinen weit weniger gut erhalten, weil es ihnen eben an der schützenden Decke fehlt.

Es sind nur äusserst wenige Fälle bekannt, wo man in diesem Knochenlehme der Höhlen ganze Skelette gefunden hätte; fast immer

liegen die Knochen in der grössten Unordnung unter einander; die einzelnen Stücke, welche zu einem Skelette gehören, finden sich selten oder nie in der Nähe zusammen; Reste der verschiedensten Thiere sind mit einander gemengt. Viele Knochen, namentlich die längeren Röhrenknochen, sind zerbrochen und die frischen Bruchflächen und Splitter beweisen, dass diese Brüche erst nach dem Tode der Thiere stattgehabt haben. Andere sind abgenutzt, gerollt und dadurch zum Theil unkenntlich gemacht.

Ueber die Art und Weise, wie diese Knochenreste in die Höhlen §. 763.
und Spalten der Felsen gebracht wurden, herrschen zweierlei Ansichten unter den Geologen. Die Einen schliessen aus der überwiegenden Anzahl von Hyänen- oder Bärenknochen, die sich in den meisten Höhlen finden, dass diese Thiere in den Höhlen gelebt und ihre Beute hineingeschleppt hätten, welche meistens in Wiederkäuern, Nagern und Dickhäutern bestand. Diese Ansicht gewann um so mehr Beifall, als man in sehr vielen Höhlen wohlerhaltene Excremente, von Hyänen namentlich, antraf, deren Auswürfe ziemlich fest sind. Diese Coprolithen, deren Natur einen weiten Transport durchaus nicht zugelassen hätte, bewiesen augenscheinlich, dass die Thiere, welchen sie angehört, in den Höhlen gelebt hatten. Hierzu kam noch, dass viele von den aufgefundenen Knochen deutliche Spuren von Zahneindrücken zeigten, die, wie es schien, von dem Benagen der Knochen herrührten, und dass manche Thiere, Fleischfresser namentlich, tiefe, oft geheilte Knochenwunden zeigen, welche offenbar heftige Kämpfe unter den verschiedenen Bewohnern der Höhle beurkundeten. Es schien demnach ziemlich glaublich, dass die Hyänen und Bären, welchen die Mehrzahl der in den Höhlen gefundenen Reste angehört, dass diese Raubthiere in den Höhlen einen bequemen Zufluchtsort fanden und dort mit zugebrachten Resten von Thieren ihre Jungen nährten.

Auf der anderen Seite bieten indessen die Höhlen im Allgemeinen eine Menge von Verhältnissen, welche durchaus gegen ein solches Zusammenschleppen der Knochen durch die Bewohner der Höhlen sprechen. Von allen Fleischfressern, die darin vorkommen, sind es hauptsächlich nur Hyänen und Bären, welche noch jetzt theilweise in Höhlen leben; sie sind freilich auch in grösster Anzahl vorhanden. Die Katzenarten, welche man findet, bewohnten gewiss ebenso wenig Höhlen, als die heut lebenden Tiger und Löwen.

Aber auch die Höhlenbewohner, Hyänen, Bären, Füchse etc., sind weit davon entfernt, ihre Beute in ihre Zufluchtsstätten zu schleppen, und dort sich oder ihre Jungen damit zu ernähren. Sie verzehren ihre Beute auf dem Platze oder in einiger Entfernung von dem Orte des Raubes; — haben sie Junge, so schleppen sie die getödteten Thiere oder Stücke derselben bis vor die Höhlen und die Jungen kommen dann heraus, um aussen ihren Schmaus zu halten. In den Zufluchts-

stätten der Bären, in den Höhlen der Hyänen in Afrika, wie in denjenigen unserer Füchse findet man keine Knochenanhäufungen, sondern ein Bett von Blättern, Moos und anderem weichen Material; die Knochen sind im Umkreise der Höhle zerstreut, und nur wenn die Thiere wegen häufigen Jagens sehr unsicher sind, findet man dann, wenn sie ganz unbehülfliche Jungen haben, Knochenreste in den Höhlen selbst.

Ferner leben diese Fleischfresser stets nur einzeln oder in Familien zusammen, wie die Hyänen; dass verschiedene Arten zusammenleben könnten, ist durchaus unstatthaft. Es giebt nur einige wenige Höhlen, in welchen Hyänenknochen vorwiegen, und von diesen könnte man allenfalls annehmen, dass sie die Cadaver von anderen Fleischfressern ebenfalls in die Höhle geschleppt hätten; — in den meisten anderen Höhlen aber wiegen die Bären vor, und dort ist eine solche Annahme durchaus unthunlich, da Bären keine Leichen angreifen. Es müssten also die in solchen Höhlen gefundenen Hyänen und Löwen mit den Bären zusammengewohnt haben — eine Annahme, die geradezu absurd ist.

§. 764. Die physische Conformation vieler Höhlen spricht ebenfalls durchaus gegen die Annahme einer Einschleppung der Knochen durch Höhlenbewohner. In dem nebenstehenden senkrechten Durchschnitte der Gailenreuther Höhle in Franken (Fig. 539) zeigen sich mehre auf einander folgende Kammern, die mit einander in Verbindung stehen. Die in der ersten Kammer befindlichen Thiere konnten die Oeffnung der Höhle zum Ausgange benutzen — allein wie sollten die Bären, deren Reste die Knochenhaufen im Hintergrunde der Höhle bilden, die senkrechten Wände hinaufklettern, zu deren Ersteigung man jetzt lange Leitern braucht? Viele andere Höhlen zeigen ganz ähnliche Verhältnisse, viele sogar beginnen mit einem senkrechten Schachte und zeigen keinen anderen Zugang.

Endlich zeigen offenbar die Gerölle, welche man mit den Knochen gemischt findet, die Lehmablagerungen, in welchen sich die Knochen finden, dass diese fossilen Reste hier theilweise durch Wasserströme eingeführt und abgesetzt wurden. Dafür spricht ferner die Abnutzung und Rollung vieler Knochen, ihre Zerbrechung, die gerade die langen und starken Röhrenknochen meist betrifft. Dass unter diesen Knochen, die in die Höhlen geschwemmt wurden, auch solche waren, welche schon von reissenden Thieren angenagt waren, ist nicht zu verwundern, und dass die Höhlen selbst von vielen dieser Raubthiere bewohnt waren, deren Excremente sich mit den eingeführten Knochen mischten, oder auch, dass sie Reste kranker Thiere enthalten, welche dort einen letzten Zufluchtsort bei dem herannahenden Tode suchten, hat ebenfalls nichts Auffallendes. Es ist nur die Einschleppung der Knochen und

ihre Anhäufung durch die Raubthiere an den Orten, wo sie jetzt gefunden werden, welche nicht angenommen werden kann.



Fig. 539.

Die Kalkgebirge namentlich sind an Höhlen sehr reich und haben bis jetzt die grösste Ausbeute geliefert. In Deutschland ist es besonders der fränkische Jura mit seinen mannigfach zerklüfteten Dolo- §. 765.

miten, in welchem die berühmten Knochenhöhlen von Muggendorf. Gailenreuth u. a. in dem Thale der Wiesent vorkommen. Die Bärenknochen sind hier, wie in den Höhlen des Harzes (Baumannshöhle, Bielshöhle etc.) in grosser Mehrzahl, und man berechnet die Anzahl der Individuen, deren Reste man schon zu Tage gefördert hat, auf viele Hunderte. In Westphalen, dem schwäbischen Jura, in Böhmen und Kärnthen finden sich Höhlen von geringerer Bedeutung.

In Belgien ist namentlich die Provinz Lüttich reich mit Höhlen bedacht, in welchen ebenfalls die Bärenknochen die grosse Mehrzahl bilden.

In Frankreich findet sich besonders in dem ganzen Zuge des Jura längs der östlichen Grenze bei Besançon eine grosse Menge von Höhlen, in welchen die Bären vorwiegen, während im Süden in den jurassischen und tertiären Kalken der Umgegend von Montpellier die Bären zwar auch noch das Uebergewicht behalten, aber doch mehr mit Nagern, Wiederkäuern und Dickhäutern gemischt erscheinen.

In England bildet die Höhle von Kirkdale in Yorkshire insofern eine merkwürdige Ausnahme, als darin die Hyänen weit über alle anderen Reste vorwiegen. Ausser dieser genannten kommen noch in vielen jurassischen und Kohlenkalken Englands Höhlen vor.

§. 766. In den Umgebungen der Alpen, sowie in den nordischen Ländern findet sich ein eigenthümliches Gebilde von Geschiebeschichten, aus Geröllen von der Grösse einer Faust gebildet, die selten die Grösse eines Kopfes erreichen und stets abgerundet sind. Gries und Sand von sehr verschiedener Dünne bilden mit diesen Geröllen horizontale Lager, die oft eine sehr bedeutende Mächtigkeit erhalten und im Allgemeinen ganz den Ablagerungen ähnlich sehen, welche wir noch heute in der Nähe und durch die Einwirkung unserer Flüsse entstehen sehen. Diese älteren Alluvionen (*Alluvions anciennes*) bedecken mit Unterbrechungen fast die ganze obere Schweiz, das westliche Frankreich, das nördliche Italien, die südlichen Hochebenen von Oesterreich und Baiern im Norden der Alpen und die grossen norddeutschen, russischen, asiatischen und amerikanischen Niederungen. Ihre Schichtung ist stets mehr oder minder deutlich, und unter allen Verhältnissen finden sie sich unmittelbar unter den erratischen Blöcken und den von den Findlingsgesteinen abhängigen Erscheinungen. Die Ueberlagerung der Findlinge über diesen älteren Alluvionen ist besonders in der Schweiz auf das Genaueste constatirt. Im Norden Deutschlands ruhen die Blöcke auf mächtigen geschichteten Ablagerungen, welche aus Sand, fossilen Infusorien, Braunkohlen bestehen und ganz derselben Periode der alten Anschwemmungen anzugehören scheinen. Diese älteren Anschwemmungen enthalten dieselben fossilen Säugethiere, wie die Knochenhöhlen und Breccien, und gehören offenbar derselben Bildungsperiode an.

§. 767. Am Fusse des Himalaya finden sich ähnliche alte Anschwemmun-

gen in Form von Thon-, Sand- und Kalkschichten, die als Fundorte äusserst merkwürdiger Fossilien bekannt geworden sind. Hierher gehören namentlich die Sivalikhügel mit ihren eigenthümlichen Affen, Elephanten, Fleischfressern und dem höchst auffallend gebauten Wiederkäuer, Sivatherium, das mit der Grösse eines Elephanten die plumpen Formen des Gnu und die osteologischen Charaktere eines zwischen Antilopen und Giraffen stehenden Thieres verbindet.

In den älteren Anschwemmungen, den Knochenbreccien und den Höhlen Europas hat man besonders folgende Säugethiere gefunden:

Ursus spelaeus, *arctoideus*, *Pitorrii*.
Mustela.
Felis spelaea, *antiqua*.
Canis spelaeus.
Hyaena spelaea, *intermedia*.
Elephas primigenius, *meridionalis*.
Rhinoceros tichorhinus.
Hippopotamus major.
Equus primigenius.
Cervus euryceros, *Cuvierii*.
Antilope.
Bos priscus, *primigenius*.
Vespertilio.
Talpa.
Castor.
Arvicola.
Lagomys.
Balaena Lamanoni.
Zyphius longirostris.

An einer Menge von Localitäten hat man ferner theils durch Schlamm-, Sand-, Kies- und Kalk-Ablagerungen mit oder ohne Versteinerungen, theils durch Erosionen und ähnliche Spuren Reihen von Veränderungen nachgewiesen, die mit Aenderungen des Wasserstandes im Zusammenhange stehen und meist noch bis in die historische Zeit hinüberspielen. Auf viele dieser Phänomene werden wir aber aus diesem Grunde noch später zurückkommen, so dass hier ihre Erwähnung genügt. Es gehören diese, meist geschichteten Ablagerungen, diese Erosionen und alten Strandlinien oft schon einer Zeit vor der erratischen Epoche an, oft beginnen sie erst mit dieser — oft erscheinen sie auch unverkennbar später und bald ziehen sie sich ohne Unterbrechung bis in unsere Zeit fort, bald haben sie früher schon aufgehört. §. 768.

So finden sich an vielen Orten in Norwegen geschichtete Sandlager mit noch in dem benachbarten Meere lebenden Seethieren (*Tellina baltica; Buccinum carinatum; Cyprina islandica; Mya truncata; Saxicava rugosa; Balanus*-Arten) bis zu 140 Metern Höhe; so zeigen sich im *Alten-fiord* mehre alte Strandlinien über einander, die sich auf 3000 Meter Länge verfolgen lassen und deren genauere Verhältnisse wir später betrachten werden. Geschichtete Ablagerungen von Sand und Thon finden sich im Becken der Dwina und der Petschora, erfüllt mit noch im Eismeere lebenden Muscheln und oft 40 Meilen von demselben entfernt. Während aber in Norwegen und Russland keine Zeichen auf jetzt noch fortdauernde Aenderung des Meeresniveaus hindeuten, scheint

es im Gegentheil für Schweden sicher gestellt, dass dessen Küsten beständig fortschreitend aus dem Meere sich erheben.

In Schottland unterscheidet man in diesen Ablagerungen zwei über einander gelagerte Schichtengruppen — die untere, Till genannt, besteht aus hartem, ungeschichtetem, meist bläulichem Thone mit Hirsch- und Elephantenknochen und zerstreuten Findlingsblöcken — die obere, aus feinblätterigem Thon mit Meermuscheln der Jetztwelt, bedeckt von Sand- und Grusschichten. Mehre über einander liegende Uferlinien (*parallel roads*), von denen die unterste 296 m 16 über dem Meeresniveau, die mittlere 65 Meter höher und die dritte noch 25 Meter über der mittleren, also 385 Meter über dem Meere liegt, hat man in den Thälern von Glen-Roy, Loch Aber und Glen-Gluog gefunden und es scheint keinem Zweifel zu unterliegen, dass das Meer diese Höhe wirklich einst erreichte.

Noch zahlreicher sind solche Meeresspuren und Ablagerungen in England. Fast in allen Grafschaften finden sich Sandschichten mit noch lebenden Meermuscheln, bald mit Findlingsblöcken, bald unter, bald über ihnen, mit Knochen von Bären, Pferden, Elephanten, Nashörnern und Hirschen, und die Höhe dieser Ablagerungen steigt in Wales bis zu 486 Metern, in den Grafschaften des Centrums bis zu 122 Metern über dem Meer.

§. 769. In ganz Brabant, Geldern bis nach Westphalen und Niedersachsen hinein wird das Becken der Haiden und Moore von der Geest gebildet, einem groben Grus und Sand mit Geröllen, die theils höher vom rheinischen Schiefergebirge, theils von der Kreide stammen. Ueber dieser Geest liegen in Holland meist harter Thon ohne Versteinerungen und dann oft darüber Sandschichten mit Bänken von Muschelschalen, die aus dem Meere stammen — worüber meist aufs Neue Thon folgt, der den jüngeren Torfmooren als Unterlage dient, in und unter denen die nordischen Geschiebeblöcke sich finden.

Von Belgien aus verfolgt man durch das ganze Seinebecken nach Osten hin etwas verschiedene Ablagerungen, meist aus zwei Gruppen bestehend — an der Basis Rollsteine mit Sand, Thon und Knochen ausgestorbener Säugethiere, darüber thonig-sandiger Schlamm, gelblich oder bräunlich, zuweilen kalkig, mit Knochen von Flusspferden und Mammuthen, der ganz dem Löss des Rheinthales analog ist.

In dem südlichen Europa sind es besonders feinsandige Schichten von geringer Consistenz, theilweise durch Kalk- oder Thon-Cement verbunden, in denen sich eine Masse von Muscheln und anderen Seethierresten vorfinden, die ganz oder grösstentheils noch lebenden Arten angehören, oft aber ziemlich hoch über dem Meere anstehen. Man kennt seit langer Zeit diese quaternären Versteinerungen von Sicilien und Malta ihrer schönen Erhaltung wegen, obgleich sie an anderen Punkten des Mittelmeeres nicht fehlen. Diese Schichtenbildungen ste-

hen in engstem Zusammenhange mit älteren und Tertiärschichten, so dass in Sicilien z. B. keine scharfe Grenze gezogen werden kann und man sieht, wie allmälig, in je tiefere Schichten man kommt, die jetzt lebenden Arten verschwinden und von ausgestorbenen, tertiären Arten ersetzt werden.

Die sämmtlichen mehr oder minder geschichteten Ablagerungen der quaternären Epoche leiten demnach ebenso wohl, wie die ungeschichteten Ablagerungen, die man als erratische Erscheinungen zusammenfasst, unmittelbar in die jetzige Zeit hinüber.

Erratische Gebilde.

(*Phénomènes erratiques. Terrain erratique.* Findlings-Blöcke.)

Schon seit den ältesten Zeiten waren selbst minder aufmerksame Beobachter durch eine grosse Menge von oft gigantischen Felsblöcken überrascht worden, die man an vielen Orten theils in Ebenen, theils auf Berggehängen antraf und die früher von entfernten Ursprungsstellen an ihre jetzigen Lagerstätten gelangt waren. So die vielen Geschiebe und Findlingsblöcke der nordischen Ebenen, die offenbar von den schwedischen Gebirgen herrührten, die Blöcke in der ebenen Schweiz und auf den Abhängen des Jura, deren krystallinische Zusammensetzung ihre Abstammung aus den Alpen beurkundete. Anfangs waren nur die Blöcke an sich Gegenstand der Untersuchung; später ward man auch auf gewisse begleitende Erscheinungen aufmerksam, deren Wichtigkeit bald mehr und mehr hervortrat, um so mehr, als die verschiedensten Theorien zur Erklärung des Fortschaffens der Blöcke gesucht wurden und man zu ihrer Stützung und zur Bekämpfung der Gegner zu Thatsachen jeder Art seine Zuflucht nehmen musste. Wir werden in dem Nachfolgenden zuerst die Thatsachen untersuchen und dann auf die daraus zu entnehmenden Folgerungen eingehen. §. 770.

Erratische Erscheinungen in der Schweiz.

Die ebene Schweiz, deren ganzer Raum von einer einzigen tertiären Bildung, der Mollasse, erfüllt ist, zeigt unmittelbar unter der Dammerde und selbst mit dieser vermischt und aus derselben hervorragend, eine grosse Menge erratischer Blöcke aller Art, die aus den Alpenthälern selbst stammen und bis weit an den Jura hinauf verbreitet sind. Um die Verbreitung dieser Gesteine genauer zu untersuchen, werden wir dieselben von den Alpenthälern aus durch die Ebene bis zum Jura verfolgen. §. 771.

Die meisten Alpenthäler, welche zu den höheren Kämmen hinanführen, sind in dem Grunde ihrer Erstreckung mit Gletschern erfüllt, welche von den Höhen herabsteigen. Die Untersuchung dieser Eis-

massen und der von ihnen hervorgebrachten Wirkungen gehört einem späteren Capitel an, wo wir von den jetzt noch auf der Oberfläche thätigen Agentien reden werden. In dem Grunde der Alpenthäler findet sich nun namentlich da, wo grössere Erweiterungen des Thales sich zeigen, der Boden mit mehr oder minder abgerundeten Geröllen bedeckt, deren Ablagerungen an ihrer Oberfläche meist eine vollkommen horizontale Ebene bieten, und fast das Aussehen haben, wie wenn sie in einem See abgelagert wären. Indess haben diese Gerölle meist eigenthümliche Gestalten; sie sind meist nicht rund, sondern abgeplattet auf einer Seite; oft auch nur auf einer Seite zugerundet, während sie an mehren Stellen ihre ursprünglichen scharfen Kanten behalten haben, und auf ihrer Oberfläche zeigen sich eigenthümliche, gerade, scharf eingeritzte Furchen und Streifen, die wie mit einem Grabstichel eingeritzt erscheinen. Die meisten dieser Alpengerölle, die man in allen Erweiterungen der grösseren Thäler jetzt gefunden hat, wo die Bergströme sie nicht weggeschwemmt haben, zeigen solche eigenthümliche Ritzen und Streifen auf der Oberfläche und unterscheiden sich dadurch wesentlich von den Geröllen, die noch jetzt täglich an den Ufern unserer Bäche, Flüsse und Seen gebildet werden. Die geritzten Alpengerölle verlieren auch allmälig ihre Streifen, wenn sie von den Bergströmen weiter ins Thal hinabgerollt werden.

§. 772. Ausser diesen Geröllen bemerkt man sowohl im Thalgrunde, als auf den Gehängen beider Seiten, wenn dieselben nicht zu steil sind, Ablagerungen gewaltiger Blöcke, die offenbar aus dem Hintergrunde

Fig. 540.



Erratischer Block von Monthey im Canton Waadt.

des Thales stammen und nicht von den Seitenwänden herabgefallen sind. Der beste Beweis für diese Abstammung aus dem Thalhintergrunde wird durch die Beschaffenheit dieser Felsen geliefert, welche in den tieferen Theilen des Thales oft von derjenigen der Seitenwände abweicht, indem sie z. B. aus Gneiss oder Granit bestehen, während die Thalwände aus Serpentin oder Kalk gebildet sind.

Oefter erscheinen diese Blöcke, die zuweilen 40 bis 60 Fuss im Durchmesser haben, namentlich die in den Thalwänden befindlichen, nur isolirt hier und da zerstreut an Stellen, wo sich gerade ein Plätzchen findet, das ihnen einen Ruhepunkt gewährt; sie zeigen sich in vielen Fällen auf einer schmalen Kante oder einer kleineren Fläche ruhend, — ja zuweilen selbst sind einige derselben so auf einander gethürmt, als hätte man die für Erhaltung des Gleichgewichtes schwierigste Stellung gewählt.

In anderen Fällen aber bilden diese Blöcke zusammenhängende §. 773.
Wälle, die sich entweder längs der Thalwände hinziehen oder auch auf dem Thalgrunde querüber von einer Seite zur anderen sich ausspannen. Solche Wälle bestehen aus einer unregelmässigen Anhäufung von Trümmern jeglicher Gestalt und Grösse, die meist ihre Ecken und Kanten ebenso wohl erhalten haben, als wären sie frisch abgesprengt worden, und zuweilen mit denselben geritzten Geröllen gemischt sind, die den Grund der Alpenthäler decken. Sand und Grand füllen meist die Zwischenräume dieser Schuttwälle aus, deren Existenz man jetzt in den meisten Thälern der Alpen von ihrem Ursprunge an bis zu ihrer Ausmündung nachgewiesen hat. Die Wälle, welche an den Seitenwänden sich hinziehen, sind selten von bedeutender Länge, da die Unregelmässigkeit und Steilheit der Wände sie oft unterbricht; sie bilden aber Linien, welche so ziemlich in demselben Niveau bleiben. Die Wälle in den Thalgründen haben alle eine mehr oder minder bogenförmige Gestalt, und zwar ist die Convexität dieses Bogens nach unten gegen den Thalausgang hin gerichtet, während die Schenkel desselben sich oft noch weit längs der Thalwände hin nach oben gegen den Ursprung des Thales hin verfolgen lassen. Zuweilen bieten die Wälle förmlich geschlossene Halbmonde dar; meist aber sind sie mehrfach von den Bergströmen, die längs der Thalsohle hinbrausen, durchbrochen und zerstückelt.

Das äussere Ansehen dieser Wälle wechselt sehr, je nach der Höhe, in welcher man sie antrifft. Die an dem obersten Ende des Thales in der Nähe des Gletschers befindlichen erscheinen durchaus als regellose Schutthaufen mit nackter Oberfläche. Weiter nach unten beginnen Gras und Alpenkräuter in den Zwischenräumen zu sprossen; eine Schicht Dammerde mit dichtem Rasen deckt die noch tiefer im Thale befindlichen Wälle, und nur die Kanten der grösseren Blöcke ragen aus der grünen Decke hervor; gegen den Ausgang des Thales

hin endlich muss man die Schuttwälle meist im Walde oder selbst in den Dörfern suchen, indem Tannen und Häuser sich oft auf dem Schuttboden angesiedelt haben. Diese halbmondförmigen, alten Schuttwälle finden sich meist in den Thalerweiterungen an der Ausmündung und bieten dann den Aelplern eine gewisse Erhöhung über der Thalsohle und für ihre Wohnungen Schutz vor Ueberschwemmungen. Ihre Existenz hat sogar öfter auf die jetzige Bildung der Erdoberfläche bedeutenden Einfluss geübt. Viele Alpenseen sind nur dadurch gebildet, dass die Thalmündungen durch solche Schuttwälle verschlossen sind, hinter welchen die Gewässer aufgestaut sind. Der Garda-See in der Lombardei besteht nur durch einen solchen Schliessungswall. Indess sind diese Schuttwälle nicht auf die Thalkessel beschränkt; die grössten Blockanhäufungen finden sich im Gegentheile oft gerade auf den Querrücken, welche zuweilen die einzelnen Erweiterungen der Alpenthäler trennen, während in den kesselförmigen Vertiefungen vor und hinter diesen Querrücken nur wenige Blöcke zerstreut sind.

§. 774. Mit der Zerstreuung der erratischen Blöcke innerhalb der Alpenthäler geht eine andere Erscheinung Hand in Hand, deren Bedeutung erst in der neuesten Zeit ins Licht gesetzt wurde; ich meine die Abrundung, Glättung und Streifung der Felswände. In allen Thälern, deren Felswände aus Gesteinen zusammengesetzt sind, welche nicht leicht verwittern, findet man bis zu einer gewissen Höhe nur abgerundete, bauchige Formen, sogenannte Rundhöcker (*Roches moutonnées*). Die Oberflächen dieser Rundhöcker sind geglättet, oft in so ausgezeichnetem Maasse, dass sie wahre Spiegelflächen darstellen, und geritzt, wie die Gerölle der Alpenthäler. Die Ritzen und Streifen stellen sich aber erst auf den grossen Flächen der Rundhöcker in ihrer vollen Eigenthümlichkeit dar. Es sind gerade feine Linien, die in durchaus stracker Richtung über alle einzelne Elemente des Gesteines verlaufen und bei dem Granite oder Gneisse z. B. ebenso gut über den Feldspath als über den Quarz sich hinziehen. Im Allgemeinen zeigt sich in diesen Ritzen eine bestimmte Richtung, und zwar laufen sie stets mehr oder minder der Thalsohle parallel; im Einzelnen aber zeigen sich grössere und kleinere Abweichungen und oft förmliche Kreuzungen und sanfte Krümmungen der Streifen. Die Natur dieser Rundhöcker, der Schliffe und der Streifen ist durchaus unabhängig von der Felsart. — Sie finden sich auf Granit, Gneiss und Glimmerschiefer so gut als auf Kalk und Serpentin; nur die schnell und leicht verwitternden Felsarten zeigen keine Spur davon.

§. 775. Sehr wichtig für die Auffassung des gesammten Phänomens erscheint die obere Höhengrenze dieser Rundhöcker, die sich in den meisten Alpenthälern leicht beobachten lässt und stets, auch aus der Ferne, durch die besondere Form der Berge leicht erkenntlich ist. Die Rundhöcker, die sanften, wellenförmigen, glatten Gestalten nehmen

bei einer scharf markirten Linie ein Ende, und darüber erheben sich wilde Zacken mit scharfen Kanten, rauhe, unregelmässige Formen, die gar sehr mit den abgeschliffenen Flächen contrastiren. In den meisten Thälern kann man nur streckenweise diese obere Grenzlinie der Rundhöcker sehen und dann scheint sie vollkommen horizontal; bei Ueberblick beträchtlich langer Thäler aber, wie z. B. des Haslithales, des Rhonethales, oder bei vergleichenden Messungen zeigt sich, dass diese Linie im Hintergrunde der Alpenthäler etwa bei 9000 Fuss absoluter Höhe unter den Gletschern hervortritt; dass sie allmälig gegen den Ausgang der Thäler hin mit einem Falle von 1 bis $1^1/_2$ Graden sich senkt und bei den Thalmündungen eine Höhe von 5000 bis 6000 Fuss innehält. Die Linie ist demnach im Ganzen weit weniger geneigt, zeigt einen weit geringeren Fall, als der Fall der Thalsohle ist.

Es versteht sich von selbst, dass alle die aufgeführten Erscheinungen in ihrem Zusammenhange aufgefasst werden müssen, um ein Bild zu geben, an welches man sich die Vorstellung über die Kraft, welche sie bewirkte, anknüpfen könne. Dass diese Kraft aus dem Hintergrunde des Thales, und zwar jedes einzelnen Thales, kam, beweist 1) die Zusammensetzung der geritzten Gerölle und der Findlingsblöcke der Thäler selbst. Die an der Thalmündung befindlichen Blöcke und Wälle bieten stets eine vollständige Sammlung aller in dem Thalgebiete vorkommenden Felsarten dar, und wenn in einzelnen Seitenthälern oder im Hintergrunde des Thales selbst ausgezeichnete Gesteine anstehen, die man leicht vor den übrigen kennen kann, so lässt sich meist nach den einzelnen Trümmern, denen man thalaufwärts folgt, der Weg bis zu ihrer Ursprungsstätte verfolgen, und man kann so auf die leichteste Weise zeigen, dass die Blöcke und Gerölle nach ihrer Ablösung durch irgend eine Kraft thalabwärts bewegt wurden. Diese Verfolgung der Findlinge bis zu ihrer Ursprungsstätte geschieht um so leichter, als nie die Gesteine von dem einen Thalufer auf das andere übergehen, selbst wenn das Thal sich sehr bedeutend verengt. So findet man die Euphotide von Saas, die Puddinge von Valorsine stets nur auf der südlichen Seite des Rhonethales, nie auf der gegenüberstehenden, und im Rheinthale zeigen sich die ausgezeichneten Granite des Ponteljas-Tobels bei Truns stets nur auf der linken (westlichen) Thalseite, niemals auf der östlichen. 2) Durch die Richtung der Streifen, die in jedem Thale mit der Axe der Thalsohle parallel läuft und nach unten geneigt ist. Nur bei plötzlichen Verengerungen des Thalbettes ereignet es sich zuweilen, dass die Richtung der Streifen aufwärts geht. In den Seitenthälern fällt die Richtung der Streifen mit der Axe der Seitenthäler zusammen und geht an den Ausmündungen in die Streifenrichtung des Hauptthales über. §. 776.

Fassen wir demnach noch einmal die erratischen Erscheinungen, welche die Alpenthäler bieten, kurz zusammen, so bestehen diese in §. 777.

thalabwärts geführten Fragmenten, bald von bedeutender Grösse, Blöcken mit scharfen Kanten und Ecken, die zuweilen in Form eigenthümlicher Längs- und Querwälle abgelagert sind, bald von geringerer Grösse, unregelmässigen Geröllen mit geritzter Oberfläche und meist von eigenthümlicher Form, und ferner in abgeschliffenen, geglätteten, abgerundeten Felsformen (Rundhöckern), auf deren Oberfläche feine, geradlinige Ritzen und Streifen eingegraben sind, die mit der Thalsohle parallel laufen.

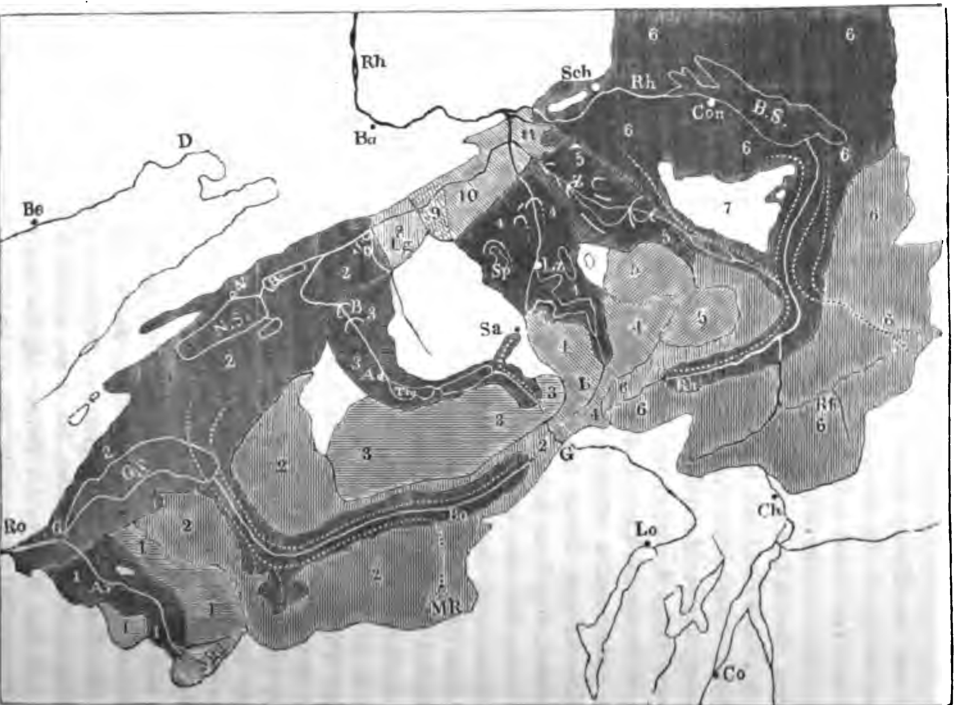
In der ebenen Schweiz ändern sich die Verhältnisse. Vor allen Dingen fehlen hier fast durchaus alle Ritzen und Schliffflächen, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil hier nur Mollasse, Sand und Nagelflue, d. h. lauter äusserst leicht verwitternde Felsarten, vorkommen, deren Oberfläche allenfalls erhaltene Eindrücke durchaus nicht bewahren kann. Indessen hat man doch an einzelnen Stellen, wie z. B. auf dem Pélerin bei Vevey, Flächen von harter Nagelflue gefunden, welche sehr deutliche Schliffe mit Ritzen und Streifen zeigten; zum Beweise, dass nur die Natur des Gesteines die Erhaltung dieser Erscheinungen in den meisten Gegenden der ebenen Schweiz verhinderte. Dagegen beobachtet man überall ausgedehnte Zerstreuungen von Blöcken über die Ebene, die in der Nähe der Alpen bis zu 4000 und mehr Fuss absoluter Höhe ansteigen, so dass die meisten Mollassenberge bis zu ihrem Gipfel mit Blöcken besäet sind. Meist erscheinen die Blöcke regellos über die Ebene zerstreut; nur an einigen Orten hat man Wälle gefunden, ähnlich denen, welche in den Alpenthälern vorkommen. So zeigt sich namentlich in der Nähe von Bern ein gewaltiger, etwa 100 Fuss hoher, bewaldeter Blockwall, das Hühnli genannt, der in weitem Halbmonde das Aarthal durchsetzt und aus sandigem Lehme, geritzten, runden Geschieben und grossen eckigen Blöcken von mehren Fussen im Durchmesser zusammengesetzt ist. Dieser Blockwall ruht, wie alle zerstreut umherliegenden Blöcke der oberen Schweiz, unmittelbar auf den geschichteten Sand- und Kieslagern der älteren Alluvion, welche die Mollasse an vielen Orten bedecken und deren wir oben gedachten. Die Schanzen von Bern waren theilweise auf einem ähnlichen Schuttwalle errichtet und ausser diesen, durch Studer bekannt gewordenen Wällen hat Escher von der Linth noch eine Menge ähnlicher Wälle in der östlichen Schweiz nachgewiesen. So wird das Nordende des Sempacher-Sees von einem, zuweilen zweihundert Fuss breiten und hohen bogenförmigen Walle geschlossen, der sich weithin längs den beiden Seeufern thalaufwärts verfolgen lässt; so ruht Zürich auf einem Bogenwalle, dessen beide Schenkel weithin über Neumünster, Küssnacht und Meilen einerseits, Thalwyl und Horgen andererseits sich verfolgen lassen; so finden sich andere Wälle im Glattthal, im Limmatthal bei Schönenwerth, im Reussthal oberhalb Bremgarten.

§. 778. Wenn indess hinsichtlich der Vertheilung der Blöcke an sich es

nur selten gelingt, solche Wälle, wie den angeführten, in der Ebene zu beobachten und auch diese Beobachtungen stets schwieriger werden, da die Blöcke in der Ebene auf mannigfache Weise zu Bau-, Pflaster- und Chausseesteinen ausgebeutet werden, so ist auf der anderen Seite das mineralogische Studium der Blöcke ungemein wichtig, indem es die Beziehungen kennen lehrt, in welchen die Blockvertheilung in der Ebene zu den Ausmündungen der grossen Alpenthäler steht. Diese Vertheilung ist jetzt, so weit sie den Schweizerboden betrifft, vollkommen bekannt geworden durch die genauen Untersuchungen der neuesten Zeit. Es haben sich hierbei folgende Resultate im Grossen ergeben. Die Blöcke, welche die ebene Schweiz erfüllen, sind besonders aus sechs Thalmündungen hervorgegangen: dem Arvethale, Rhonethale, Aarthale, Reussthale, Linththale und Rheinthale. Die Blöcke des Arvethales (1 auf der Karte) stammen von dem westlichen Abhange der Montblanckette und von den Bergen oberhalb Sallanche. Sie erfüllen das Arvethal von Chamounix an und steigen auf dem queren Rücken des Salève bis zu einer Höhe von 1000 Metern über dem Meere. Die Blöcke aus dem Rhonethale (2 auf der Karte) erfüllen die ganze Gegend zwischen Genf und Solothurn, so dass demnach das Gebiet der Rhoneblöcke einen breiten Fächer darbietet, dessen Spitze in der Rhonethalmündung bei St. Maurice sich befindet, während der eine Schenkel des Fächers längs des südlichen Ufers des Genfer-Sees, der andere etwa der Grenze des Cantons Freiburg entlang gegen Solothurn und selbst ein paar Stunden westlich von dieser Stadt bis gen Zofingen hinführt. Die ebenen Theile der Cantone Genf, Freiburg, Neuenburg und ein Stück von Bern, Solothurn und Aargau sind demnach mit den Rhoneblöcken bedeckt, welche von dem östlichen Abfalle der Kette des Montblanc und der *Aiguilles rouges*, aus allen Thälern des Wallis und von dem Massive der Diablerets und der umgebenden Berge stammen. Nächst den Rheinblöcken haben die Rhoneblöcke den grössten Verbreitungsbezirk, und wenn man nach ihrer mineralogischen Beschaffenheit sie verfolgt, so sieht man, dass die vom linken Rhoneufer und dessen Thälern stammenden in der ganzen Länge des Wallis parallel mit den Blöcken des rechten Ufers gehen, ohne sich zu mischen, dass aber, an der Oeffnung des Thales am oberen Ende des Genfer-Sees angelangt, die vom linken Ufer sich fächerartig ausbreiten und theils am linken Seeufer sich hinziehen, theils über den See hinaus in das Waadtland vordringen.

Die aus dem Aarthale (3 auf der Karte) hervorgegangenen Blöcke §. 779.
haben einen weit geringeren Verbreitungsbezirk. Sie bedecken fast nur den deutschen Theil des Cantons Bern, mit Ausnahme des von den Rhoneblöcken eingenommenen Theiles, bis etwas unterhalb der Stadt Bern und stammen aus dem Massive der Berner-Alpen zwischen Gotthard einerseits und Simmenthal andererseits. Als merkwürdige Thatsache zeigt sich

Fig. 541.



Verbreitung der Alpenfindlinge in der Schweiz.

1 Arve-Gebiet; 2 Rhone-Gebiet; 3 Aar-Gebiet; 4 Reuss-Gebiet; 5 Linth-Gebiet; 6 Rhein-Gebiet; 7 Zerstreuungs-Gebiet des Sentis und der Kuhfirsten; 8 Schwemmgebiet der Rhone-Blöcke zwischen Burgdorf, Wangen u. Langenthal; 9 Mischungsgebiet der Rhone- und Reuss-Blöcke um Aarburg; 10 Schwemmgebiet der Reussblöcke im Nord-West einer Linie von Dagmersellen nach Baden im Aargau; 11 Mischungs-Schwemmgebiet von Reuss- u. Rheinblöcken. Die Stammgebiete, aus welchen die Blöcke herkommen, u. die Mischungs- u. Schwemm-Gebiete, wo Blöcke durch Hochwasser u. Eisflösse verschleppt wurden, sind weit laxer schraffirt, als die Verbreitungs-Gebiete, aber in derselben Richtung; Arve u. Aar (1 u. 3) horizontal; Rhone u. Rhein (2, 8 u. 6) vertical; Reuss (4 u. 10) schief von links nach rechts; Linth (5) schief von rechts nach links; die Mischungs-Schwemmgebiete (9 u. 11) sind gekreuzt. *Be* Besançon; *D* Doubsfl.; *Rh* Rheinfl.; *Ba* Basel; *Sch* Schaffhausen; *Con* Constanz; *BS* Boden-See; *NS* Neuenburger-See; *N* Neuchâtel; *BS* Bieler-See; *B* Bern; *A* Aarburg; *Z* Zürich; *Th S* Thuner-See; *Sa* Sarnen; *Lz* Luzern; *R* Reussfl.; *Aa* Aarfl.; *Ro* Rhonefl.; *G* Genf; *Ar* Arve; *Mbl* Montblanc; *G S* Genfer-See; *MR* Monte Rosa; *G* St. Gotthard; *Lo* Locarno; *Ch* Chiavenna; *Co* Como; *Sp* Sempacher-See.

Die Wege der Blöcke sind durch punktirte Linien, die Blockwälle durch starke Linien angedeutet.

bei ihrer Verbreitung, dass ein Theil dieser Blöcke über den Sattel des Brünigpasses gedrungen und bis in die Gegend von Sarnen vorgerückt ist.

Die Reussblöcke (4 auf der Karte), vom Gotthard, den Seitenthälern des Reussthales und den Bergen am Ostufer des Vierwaldstädter-Sees stammend, erfüllen das Becken des letzteren und erstrecken sich bis zu einer von Dagmersellen über Lenzburg nach Baden gezogenen Linie, während ihre südliche Grenze über Malters und Willisau, ihre nördliche über Schwyz, Zug und Dietikon nach Baden läuft. §. 780.

Die Linthblöcke (5 auf der Karte), aus dem Hintergrunde des Linththales und den Gebirgen ob Einsiedeln stammend, rücken in schmaler Erstreckung von Glarus über Wesen in das Becken des Züricher-Sees. Ihre südliche Grenze lehnt sich an die nördliche der Reussblöcke nicht ohne Vermischung an; ihre nördliche läuft fast in gerader Linie von Wesen über Pfäffikon und Bulach nach Kaiserstuhl. §. 781.

Die Rheinblöcke (6 auf der Karte) zeigen einen merkwürdigen Verlauf. Aus dem ganzen Stromgebiete des Rheins, Graubünden und Vorarlberg stammend, theilt sich ihre Masse an dem vorspringenden Sporne der Appenzeller - Gebirge bei Sargans in zwei Ströme. Ein Theil dringt über den Wallenstädter-See, über Uznach an das nördliche Ufer des Züricher-Sees vor; der andere Theil ergiesst sich von Rorschach aus über den Thurgau, und so wird das ganze Gebiet des Bodensees, der Thur und Töss von den Rheinblöcken erfüllt, die sich bis nach Schaffhausen und Zurzach verfolgen lassen und weit in Baiern und Schwaben hinein sich ergiessen. Ihre nördliche Grenze dort ist noch nicht genau ermittelt. §. 782.

Auf den Grenzen zweier Gebiete kommen zuweilen in einer ziemlich breiten Zone Mengungen vor. Windgellenporphyre (aus dem Reussthale) sind zwischen Albis und Uto durch ins Linthgebiet, andere Reussfindlinge durch die Mutschelle zwischen Uto und Hasenberg ebenfalls ins Linthgebiet gelangt — Rheinfindlinge kommen noch bis über Zürich hinaus vor. Im Ganzen aber sind die einzelnen Gebiete durchaus unabhängig von einander und dieselbe Unabhängigkeit zeigt sich in der Vertheilung der Blöcke innerhalb der Gebiete. Jedes Gestein hat seinen eigenen Verbreitungsbezirk, und namentlich wiederholt sich auch hier in der ebenen Schweiz das oben von den Alpenthälern angeführte Gesetz, dass die Felsarten nicht von dem einen Ufer des Gebietes auf das andere übergehen. So wird man die Puddinge von Valorsine, die Euphotide von Saas nur auf dem linken (südlichen und westlichen) Ufer des Rhonegebietes, ihrer Lagerstätte entsprechend, nie auf dem rechten Ufer längs der inneren Grenze des Fächers finden, während die Ponteljasblöcke stets nur auf der linken Seite des Rheinthales bleiben. Es ist diese Thatsache, welche sich in allen anderen Gebieten wiederholt, sehr wesentlich für die Erklärung der Ursache,

welche die Findlinge fortschaffte, indem sie beweist, dass selbst in den äusserst engen Thalschluchten, durch welche die Blöcke hervorkamen, um sich über die Ebene zu zerstreuen, keine Vermischung derselben statthatte, selbst dann nicht, wenn die Blöcke, wie die aus dem Ponteljastobel, aus dem Prättigau, aus dem Saasthale, Wege zurücklegen müssen, die in spitzwinkeligen oder rechtwinkeligen Bögen sich winden.

Die Blöcke erheben sich indess noch auf eine bedeutende Höhe an den Gehängen des Jura, und hier findet sich, der Gesteine wegen, auf denen sie ruhen, sowie auch in Folge der Erhebung des Juras selbst, eine Menge von Eigenthümlichkeiten, die einer näheren Beleuchtung bedürfen.

§. 783. Die verticale Vertheilung der Blöcke ist Gegenstand vieler Untersuchungen, namentlich im französischen Theile des schweizerischen Juras gewesen, und man hat gefunden, dass sie eine bestimmte Höhengrenze einnehmen, die einen Bogen bildet, dessen höchster Punkt der Mündung des Thales, aus welchem sie hervorkamen, gegenüberliegt. Bei den Rhoneblöcken namentlich ist diese Thatsache schon seit längerer Zeit bekannt. Hier findet sich der höchste Punkt an den Jurawänden hinter Yverdun, und nach beiden Seiten senkt sich die Zone, um einerseits bei Genf, andererseits bei Solothurn das Niveau der Schweizerebene zu erreichen.

Das Niveau, welches die Blöcke bilden, hält sich auf dieselbe Weise auch in den Binnenthälern fest; die Blöcke sind hier bis auf dieselbe Höhe zerstreut; ja es kommt an einigen Stellen vor, wie z. B. im Val de Travers, dass der Hintergrund des Thales Blöcke hat, die von der Seite her über einen minder hohen Sattel gedrungen sind, während die Mitte des Thales keine solche Ansammlungen zeigt.

Im Allgemeinen liegen die Blöcke auf der den Alpen zugewandten Seite der Juragehänge und in den Längsthälern, welche sich in dieser Kette hinziehen, meist nur auf der den Alpen zugewandten Seite und auf den Kämmen bis zum Rande des Absturzes. So zieht sich auf der Aussenfläche des Jura ein kleines Längsthälchen vom Bieler- bis zum Genfer-See hin, bedingt durch die Anschliessung der Néocomienschichten an den eigentlichen Jurakalk; in dem Grunde dieses Thälchens finden sich nie Blöcke, dagegen etwas höher auf den Gehängen des Portlandkalkes eine grosse Menge, und ebenso auf der den Alpen zugekehrten Thallippe. Man bemerkt sogar, dass gerade auf den Thallippen, am Rande des Absturzes, die Anhäufungen manchmal bedeutender sind, als an den einförmigen Gehängen.

§. 784. Die mineralogische Beschaffenheit der Blöcke wechselt je nach der verticalen Vertheilung derselben. Es gilt hier als allgemeines Gesetz, dass eine Felsart um so höher ansteigt an dem Jura, je höher sie in den Alpen ansteht, oder, mit anderen Worten, dass die Höhenzone eines Gesteines am Jura im Verhältniss zu seinem Lagerorte

in den Alpen steht. So finden sich in den Rhoneblöcken viele ausgezeichnete Felsarten, die überall leicht erkannt werden können: die Protogine vom Montblanc, die Euphotide von Saas, die Puddinge von Valorsine, die Alpenkalke von dem Eingange des Wallis. In derselben Ordnung, wie sie sich der Höhe nach in den Alpen reihen, trifft man auch diese Felsarten. Die höchste Zone ist nur von Protoginen und talkigen Graniten gebildet; weiter unten treten Euphotide dazu; die so leicht kenntlichen Puddinge von Valorsine steigen nur wenig über das Niveau der Ebene an und die Kalkblöcke haben den Jura nur selten erreicht, sondern sind nur auf der waadtländischen Ebene, näher an den Alpen zu finden.

Die Blöcke im Jura liegen meist frei, unmittelbar auf dem Kalk- §. 785.
felsen und von diesem nur durch eine sehr dünne Schicht feinen Sandes getrennt. In Depressionen und kleinen Thalvertiefungen aber zeigen sie sich, wie in der Ebene, in regellosen Anhäufungen von Blöcken jeder Grösse, Rollsteinen, die geritzt sind, und Sand vergraben. In den Jurathälern, wo Mollasse und neuere Süsswasserkalke oder auch geschichtete Kiesmassen sich finden, werden sie ebenfalls über allen diesen Bildungen auflagernd angetroffen. In der Ebene zeigen sich die Blöcke überall als letzte Ablagerung, und die Art ihrer Ansammlung und Ablagerung beweist, dass alle Thalrisse, Vertiefungen, Seebecken etc. schon bestanden haben mussten, bevor sie ausgestreut wurden. Sie liegen auf den, stets aus abgerundeten ungeritzten Geröllen bestehenden, oft sehr mächtigen, verworren geschichteten Kieslagern der älteren Alluvion und auf den Schieferkohlen von Utznach, Wangen und Morschach an den Becken des Züricher-, Wallenstädter- und Boden-Sees. Diese Schieferkohlen liegen wagerecht auf den senkrecht stehenden Schichten der Mollasse — sie enthalten Pflanzen, wie Fichten, Birken, Wachholder und Sumpfgräser, die von den jetzigen nicht zu unterscheiden sind, und Zähne von Ochsen und vom Mammuth. Die Zerstreuung der Alpenfindlinge fand demnach nicht nur nach der Hebung der Mollassenschichten und der Bildung des jetzigen Reliefs, sondern auch nach der Ablagerung der erwähnten, unserer Epoche angehörenden Schieferkohlen statt.

Geschliffene Felsflächen, auf welchen geradlinige scharfe Streifen §. 786.
eingeritzt sind, begleiten überall auf dem Jura die Findlingsblöcke. Sie zeigen sich hier sogar in grossem Maassstabe, als helle Spiegelflächen, die sich über weite Strecken hinziehen; ja man kann mit vollem Rechte sagen, dass die ganze den Alpen zugekehrte äussere Fläche des Juras polirt sei, und dass man nur ausnahmsweise diese Politur mit ihren charakteristischen Streifen nicht treffe. Die Politur am Jura hält dieselbe Höhengrenze ein, wie die höchsten Blöcke; sie geht nicht über dieses Niveau hinaus. Aus dieser engen Verbindung der Schliffflächen mit den Blöcken im Jura und in den Alpen geht aber wohl unzweifel-

haft hervor, dass dieselbe Kraft, welche die Blöcke transportirte, auch die Felsen glättete und ritzte; sowie sich aus der Aehnlichkeit der Erscheinungen in beiden Gebirgsketten schliessen lässt, dass dieselbe Ursache, welche in den Alpen wirkte, auch die Erscheinungen im Jura bedingte.

§. 787. Es versteht sich von selbst, dass die gleichen Erscheinungen auf der Süd- und Ostseite der Alpen stattfinden. So sind die meisten lombardischen Seen, wie der Garda-, Comer- und Lange-See an ihrem Thalende durch Blockwälle geschlossen, während weiterhin die Gerölle, in derselben Weise wie an den Pyrenäen, sich in die Alluvion der lombardischen Ebene verlieren; so finden sich bei Lyon Blockwälle mit eckigen geritzten Blöcken, die aus den benachbarten Alpen, selbst bis vom Montblanc her stammen und über den 1100 Meter hohen Jurapass *Chartreuse de la Porte* herübergekommen sind. Die Blöcke liegen im Sand, Lehm und Grand und schmiegen sich so an die Thalwandungen an, dass sie unzweifelhaft die letzte Ablagerung bilden. Darunter liegen, in horizontaler Schichtung, alpinische Gerölle, ohne Ritzen, die durch ein Kalkcement zusammengebacken sind und alle abgerundet erscheinen. Man hat dies offenbar ältere Lager das Conglomerat der Bresse genannt; mit ihm wechsellagernd kommen, wie bei *Tour du Pin*. Schieferkohlen vor, ähnlich denen von Utznach. Darunter liegt, nur in nächster Umgebung von Lyon, eine Geröllschicht, aus der Denudation der Umgegend hervorgegangen, ohne alpinische Gesteine. Dies locale Gerölle ruht auf der Mollasse. Man findet also auch hier überall zwei Hauptphänomene — am Boden die ältere Alluvion mit gerollten, ungeritzten Steinen, darüber die Findlinge mit Kanten und Ritzen.

§. 788. In Grossbritannien zeigt sich das erratische Phänomen in besonders grossartiger Weise in Schottland und Wales, weniger in dem eigentlichen England und Irland. In den meisten Thälern der genannten Hochländer finden sich unregelmässig geschichtete Massen von Schlamm und Kies mit grossen Blöcken, die alle abgerundet und allseitig geglättet und geritzt sind. In diesem sogenannten Till finden sich seltene Säugethierknochen und Muschelfragmente. Ueber diesen geschichteten Ablagerungen zeigen sich an vielen Stellen förmliche Längs- und Querwälle, namentlich in den Hochthälern, worin aber ebenfalls meist nur gerundete und geritzte Blöcke vorkommen. Kantige Blöcke finden sich nur auf der äussersten Oberfläche und zwar hauptsächlich nur auf der Ostseite der schottischen Küste. Ihrer mineralogischen Beschaffenheit nach scheinen diese aus Norwegen zu stammen.

Die polirten Rundhöcker, geritzten und gestreiften Flächen zeigen sich in grösster Ausdehnung, und zwar erscheinen die meisten schottischen und wälischen Berge sowie die irischen Höhen bis auf den Gipfel abgerundet, polirt und gestreift, so dass eine Höhengrenze der Rundhöcker, wie diese in den Alpen existirt, nicht nachgewiesen werden kann.

Merkwürdiger Weise findet sich in einigen Flussmündungen Schottlands, namentlich an der Mündung des Clyde, eine eigenthümliche, zum Till gehörige Ablagerung von feinem Schlamm und Sand, in welchem eine grosse Menge von Muscheln vorkommt, die jetzt nicht mehr in dem benachbarten Meere leben, wenn sie gleich in geringer Entfernung davon vorkommen. Beim Auffinden dieser Muscheln schloss man auf eine bedeutend kältere Temperatur der genannten Gegenden, wovon man allerdings durch die Beobachtung hat zurückkommen müssen, dass eine Hauptleitmuschel, auf die man diesen Schluss gründen wollte, die *Cyprina islandica*, noch südlich von Boston vorkommt.

Die Erscheinungen des erratischen Gebildes setzen sich in den §. 789. Pyrenäen aus denselben Elementen zusammen, wie in den Alpen. Auch hier finden sich in den meisten Thälern Rollsteine, mit eckigen Blöcken gemischt, Blockwälle von bedeutender Ausdehnung, aus regellosen Anhäufungen von Sand und Fragmenten aller Art gebildet, und an vielen Stellen sehr ausgeprägte Rundhöcker mit geschliffenen und geritzten Flächen, die durchaus denen der Alpen gleich sind. Wodurch sich aber diese Erscheinungen wesentlich von denen der Alpen unterscheiden, dies ist der Umstand, dass an dem Ausgange der Thäler die letzten Gerölle sich mit den geschichteten Rollsteinablagerungen der Ebene vermischen und dass die Findlinge nicht über die Ebenen zerstreut sind, sondern nur bis gegen die Thalmündungen hin sich finden. Die Kraft, welche die Findlinge zerstreute, war demnach in den Pyrenäen in weit geringerer Mächtigkeit wirksam, als in den Alpen.

In den Vogesen wurden durchaus dieselben Erscheinungen wahr- §. 790. genommen. In vielen Thälern und namentlich in den Thälern von Giromagny und St. Amarin, sowie am See des Belchen von Guebviller, finden sich mehrfache concentrische Querwälle von Schuttanhäufungen, und der Boden der Thäler ist mit Geröllen bedeckt, welche die charakteristischen Streifen und Ritzen tragen. Rundhöckerformen zeigen sich ebenfalls, — Politur und Streifen daran sind an vielen Orten vortrefflich erhalten, wie namentlich am Glattstein, bei Wildenstein u. s. w. Mehre der genannten Localitäten in den Vogesen zeigen die höchste Uebereinstimmung mit den Alpenthälern. Bis gegen Wesserling hin finden sich nur geritzte Gerölle, die in den südlichen Vogesen, wo sie weggespült wurden, fehlen.

In dem Schwarzwalde finden sich ähnliche Erscheinungen wie §. 791. in den Vogesen, wenngleich in mancher Hinsicht, wie es scheint, weniger deutlich ausgeprägt. Auch dort finden sich, entweder frei am Tage liegend, oder nur mit Dammerde, zuweilen auch mit Torf bedeckt, Gerölle, deren Grösse thalaufwärts zunimmt. Diese Gerölle decken meist die Thalgründe, oft bis zu bedeutender Tiefe, da man bis zu 50 Fuss Tiefe zuweilen noch nicht festen anstehenden Fels fand. An einzelnen Stellen trifft man geglättete und geritzte Gerölle, aber nur in

den höchsten Thälern solche mit erhaltenen Ecken und Kanten. Schutt-Wälle, wie in den Alpen, wo regellos durcheinandergeworfene Blöcke aller Grössen wahre Quer- und Längsdämme bilden, finden sich nur an wenigen Stellen, wie namentlich in dem Oos-Thale in der Nähe von Baden-Baden und an dem Ende einiger Seen, wie z. B. des Titi-, Schluch- und Feldbergsees. Abgerundete, geglättete und polirte Felsen finden sich, nach den bisherigen Beobachtungen, nur in geringer Menge im Schwarzwalde und nur bis zu geringer Erhebung über der Thalsohle — Streifen und Ritzen sollen ihnen fehlen.

§. 792. Der Löss ist eine eigenthümliche Ablagerung von feinem, gelblich grauem, weichem Thone, mit Kalk, vielem Glimmer und feinem Kieselsande gemengt, der im ganzen Rheinthale sowie in den Zuflüssen desselben verbreitet ist und eine Menge von Schnecken und Muscheln enthält, welche Arten entsprechen, die noch jetzt in kälteren gebirgigen oder waldigen Gegenden wohnen. Oft findet man in ihm eigenthümliche Kalkconcretionen (Lösskindel) und Säugethierzähne, Elephanten- und Hirschknochen, die dem Anfange der jetzigen Zeit angehören. Der Löss ist die neueste Formation des Rheinthales, er entspricht offenbar derselben Zeit, wo in der Schweiz die Findlingsblöcke zerstreut wurden, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass die bedeutenden Lössmassen, die bis zu 600 Fuss Meereshöhe ansteigen und zuweilen 60 bis 100 Fuss Mächtigkeit haben, eine detritische Masse aus jener Zeit sind, wo die Gletscher in der Schweiz eine so gewaltige Ausdehnung erreicht hatten. Der Löss oder Lehm liegt auf den übrigen Geröllen, die das Rheinthal erfüllen und in denen man zwei Abtheilungen unterscheiden kann. Die unterste dieser Abtheilungen besteht in runden alpinischen Geröllen, ohne Glättung oder Ritzen, mit Knochen von Mammuth, Nashorn, Pferd, Ochs, Hirsch etc. Sie ist an manchen Orten bis 30 Meter mächtig, erfüllt das Rheinthal, dringt in die Seitenthäler ein und ist offenbar der älteren Alluvion der Schweiz gleich zu setzen. Darauf folgt nun eine andere Geröllage, Grand, grober Sand, Rollsteine wie Pflastersteine — aber alle aus den Vogesen und dem Schwarzwalde stammend. Dieselben Knochen finden sich darin, — aber die Geröllschicht stammt offenbar nicht aus den Alpen, sondern aus den Ufergebirgen des Rheins. Diese rheinische Geröllschicht ist dann von dem alpinischen Detritus der Gletscher, dem Löss überlagert. In den Seitenthälern der Vogesen ruhen die Blockwälle ebenfalls auf solchen, den Vogesen entnommenen Geröllen, so dass die Epoche des Löss und der Blockwälle einander entsprechen.

§. 793. In Südamerika hat man in der Umgebung der Cordilleren Ausstreuungen von Findlingen beobachtet. In Patagonien kommen sie in groser Menge auf den geneigten Ebenen der Pampas bis etwa zu 100 Meilen Entfernung vom Fusse vor; im Feuerlande, in der Umgebung der Magellans-Strasse und auf der Insel Chiloe zeigen sich ge-

waltige eckige Blöcke, die an vielen Orten mit thonigen, lehmigen und sandigen Ablagerungen wechseln, in welchen sich Muscheln finden, die denjenigen vollkommen gleichen, welche noch jetzt in demselben Meere leben. Die grossen eckigen Blöcke, die auf der Insel Chiloe von den gegenüberliegenden Cordilleren des Festlandes stammen, liegen theils in diesen geschichteten Anschwemmungen selbst begraben, theils ruhen sie auf denselben. Sie finden sich bis zu 200 Fuss über dem Meere.

Die erratischen Erscheinungen des Nordens bieten einige §. 794.
eigenthümliche Erscheinungen dar, die theils auf ihrer Verbreitung über ungemein grosse Erstreckungen fast horizontaler Ebenen, theils auch darauf zu beruhen scheinen, dass die zeitliche Succession der Erscheinungen eine andere war.

Die Rundhöcker mit ihren Ritzen und Streifen sind auf den Gneisshügeln Schwedens und Finnlands, die nur geringe Undulationen eines weiten Plateaus bilden, in grossem Maassstabe entwickelt und reichen an den Küsten oft bis weit unter den Meeresspiegel hinab, während sie andererseits an den Gebirgen bis zu den Grenzen des ewigen Schnees, bis zu 1400 Meter Höhe über dem Meeresspiegel beobachtet worden sind. Die Oberfläche dieser Hügel ist vollkommen polirt, und meist sind die elliptischen Vorragungen, welche von ihnen gebildet werden, längs der Linie der Streifen geordnet. An anderen Hügeln unterscheidet man eine Stoss- und eine Leeseite; der eine Abhang des Hügels nämlich, der nach der Seite hingeht, woher die Streifen kommen, ist wohl gerundet und gestreift, der andere, der von der Seite abgewendet ist, rauh und unpolirt. Die Streifen folgen, mit geringer Abweichung, ziemlich derselben Richtung; meistens von Nord-Nord-West nach Süd-Süd-Ost; doch bemerkt man im Süden Schwedens eine mehr südliche, in Finnland und Nordschweden eine mehr östliche Richtung und im Norden von Lappland laufen die Streifen sogar nach Norden, so dass dadurch, sowie durch die in Norwegen bestehenden Streifen, die nach Westen gerichtet sind, ein Fächer gebildet wird, der das Kjölen-Gebirge zum Mittelpunkte hat, ganz so wie die Streifen in den Alpen sternförmig von diesen ausstrahlen. Diese Hauptrichtungen hindern indess nicht, dass im Einzelnen viele Kreuzungen und Krümmungen der Streifen vorkommen.

Die Ritzen und Streifen erstrecken sich in Schweden und Finnland §. 795.
so weit, als die krystallinischen Gesteine gehen. Ueber den gestreiften und geglätteten Felsen liegen mannigfache Meeresablagerungen, gelbe oder blaue Mergel mit Muscheln, wie *Tellina baltica*, Thon und Sand ohne deutliche Schichtung, die zuweilen bis zu 100 Meter Mächtigkeit besitzen und viele grosse eckige Blöcke krystallinischer Gebirgsmassen enthalten. In Dänemark, besonders aber in Holstein, scheint diese Thonablagerung mit Findlingen in naher Beziehung zu den Schieferkohlen der nordischen Ebene zu stehen.

Auf diesem Thone, der offenbar seinen Muscheleinschlüssen nach eine Meeresablagerung ist, ruhen dann die sogleich zu beschreibenden Oesars und viele grosse eckige Blöcke, die mit denen im Thon eingeschlossenen gleichen Ursprunges sind, sich aber weit nach Süden über die Ostsee hinaus erstrecken und einen grossen Bogen bilden, der auf dem Continente, in Holland bei Gröningen beginnt, sich durch Westphalen und Hannover, in einiger Entfernung vom Nordrande des Harzes hinzieht, durch Schlesien und Polen südlich von Breslau und Warschau nach Tula, fast in gerader Richtung von West nach Ost fortgeht, bei Tula aber umbiegt, um in nordöstlicher Richtung gegen die nördliche Spitze des Urals sich hinzuziehen.

Die Blöcke im nördlichen Russland, vom Onega-See an westlich, stammen alle aus Finnland und von den Umgebungen des Onega; die in Preussen und Polen zeigen Gemenge von finnischen und schwedischen Gebirgsarten; letztere nehmen immer mehr nach Osten hin zu, und in Holstein, Friesland und Holland stammen sie alle aus Schweden und Norwegen, bis endlich an der Ostküste Englands und Schottlands nur norwegische Felsarten sich finden. Durch diese Verbreitung wird also auch von Neuem erwiesen, dass Scandinavien den Mittelpunkt der Zerstreuung dieser Blöcke bildet und dass die Kraft, welche die Blöcke ausstreuete, nicht vom Nordpol ausging, sondern von dem Kamme der scandinavischen Alpen.

§. 796. Unter einer eigenthümlichen Form stellen sich manche Blockwälle in Schweden dar. Sie heissen hier Oesars, und bilden lange, oft hundert und mehr Fuss hohe Sandwälle, die durchaus vollkommen nivellirt und oft so regelmässig sind, dass sie wie natürliche Sandwälle zu Kunststrassen benutzt werden. Sie bestehen hauptsächlich aus deutlich geschichteten Massen von Sand und Gries, auf welchen Blöcke in grosser Menge ruhen. Die Richtung dieser Oesars in Schweden folgt den Thaleinschnitten, so dass die Oesars ohne Zweifel Ablagerungen sind, die durch den Einfluss des Wassers geschichtet und wahrscheinlich unter Küstenströmungen gebildet und umgeformt wurden. Sie unterscheiden sich wesentlich von den Blockwällen der Schweiz, der Vogesen etc. durch ihre Schichtung, die Ordnung der zusammensetzenden Materialien und durch die Anordnung der eckigen Findlingsblöcke, die meist nur auf ihrem Rücken wie eine Krönung aufliegen, selten aber in der Masse der Oesars sich finden. Man hat in dem Rheinthale bei Reichenau, bei Chur und im Klönthal ähnliche Oesars gefunden, welche hier conische Hügel mit elliptischer Basis bilden, deren Längenaxe der Stromrichtung parallel läuft und die thalabwärts sich sanft abflachen. Ihre Contouren sind abgerundet; ihre Hauptmasse aus feinem Sande gebildet, der Schichtungsspuren zeigt und mit grossen Blöcken untermischt ist. —

§. 797. Auf dem nordamerikanischen Continente sind die erratischen

Erscheinungen im grossartigsten Maassstabe entwickelt, ähnlich denen im Norden Europas, aber dennoch in gewisser Weise verschieden. Vom Norden aus erstrecken sich die geglätteten und geritzten Felsen, die Rundhöcker, die Hohlkehlen über das Gebiet der Seen hinweg bis weit gegen die Ebene hin. Dann folgen diejenigen Ablagerungen, welche die Amerikaner und Engländer *drift* nennen — Sand und Grand mit oft enormen eckigen Blöcken. Ueber diesem unteren regellosen Drift folgen geschichtete Ablagerungen, aus Mergeln, Thon und Sand ohne Blöcke und Gerölle bestehend, die sich in zwei Abtheilungen bringen lassen — eine Meeresablagerung und eine Süsswasserablagerung. Die ersteren, welche man auch das Lorenzsystem (*Système laurentien*) genannt hat, erstrecken sich besonders längs des Laufes des Lorenzstromes und des Ontariosees, erheben sich nirgends bis zu hundert Meter über dem Meere und gehören offenbar einer Zeit an, wo das Meer sich bis zu den Fällen des Niagara erstreckte. Im Inneren folgt hierauf eine weite Süsswasserablagerung, die man von den Quellen des Mississippi bis zur Mündung des Ohio, vom Oberen-See bis zu dem Niagara verfolgen kann und die an der Basis aus blauen Thonen besteht, welche nach oben in gelben Schlamm übergehen. Fast überall hat man in diesen Thonen die Gattungen *Unio*, *Cyclas*, *Physa*, *Planorbis* nebst Heidelbeersträuchen und Tannennadeln gefunden. Auf diesen Thonen finden sich an einigen Stellen Oesars, namentlich am Eriesee. Die Frage, ob sie mit dem Lorenzsystem gleichzeitig sind, ob sie vorher oder nachher sich ablagerten, ist noch nicht entschieden. Als oberste Lage endlich folgt Sand mit Rollsteinen, neuere Alluvionen und darin Muscheln, die noch jetzt leben, Knochen von jetzigen Säugethieren und Mastodonten, so dass also die quaternäre Periode für Nordamerika sich in wenigstens drei Perioden trennt, Polirung der Felsen, Ablagerung des unteren Drift mit Findlingsblöcken — geschichtete Süsswasser- oder Meeresablagerungen — Alluvion und Sand mit Mastodontenknochen.

Die Erklärung der erratischen Phänomene hat von jeher die Geo- §. 798.
logen mannigfach beschäftigt, und man könnte eine grosse Reihe mehr oder minder scharfsinniger Hypothesen aufführen, welche ersonnen wurden, um die Zerstreuung so gewaltiger Felsblöcke über bedeutende Strecken begreiflich zu machen. Die Untersuchungen der jüngsten Zeit, welche vorzugsweise diese Erscheinungen zum Gegenstande sich wählten, haben die meisten dieser Theorien in das Reich der Unmöglichkeiten verwiesen, und es sind von allen jetzt nur noch zwei übrig geblieben, die sich schroff gegenüberstehen. Um das Gewicht der Gründe, welche für die eine wie für die andere dieser Ansichten sprechen, gehörig hervorheben zu können, ist es nöthig, dieselben in zwei Abtheilungen zu bringen, indem wir einerseits die Erscheinungen, welche sich im Inneren und im nächsten Umkreise der Bergketten, namentlich in der Nähe der Alpen zeigen, näher ins Auge fassen und nachher

auf die in dem Norden beobachteten Thatsachen und die daraus gezogenen Schlüsse übergehen.

§. 799. Der Meinung einiger Forscher zufolge war das Vehikel, welches die Findlingsblöcke von den Alpen aus in allen Richtungen umherschleuderte, von gewaltigen Schlammströmen gebildet, welche zu gleicher Zeit aus dem Grunde aller Thäler hervorbrachen, Felsstücke, Kiesmassen, Schlamm, Sand und Rollsteine mit sich wälzend, und deren Geschwindigkeit so ungeheuer war, dass die Felsblöcke nicht auf dem Boden fortgerollt, sondern schwimmend getragen wurden bis zu den Orten, wo man sie jetzt findet. Betrachtet man die Höhenlinie der Schiffflächen und der Findlingsblöcke in den Alpen als die obere Grenzlinie dieser Schlammströme, welche die Thäler hindurch sich wälzten, und die Höhenlinie an dem Jura, so ergiebt sich, dass in den Alpen diese Linie oft bis 3000 und mehr Fuss Höhe über dem Thalgrunde sich hinzieht und dass sie auch noch im Jura mehr denn 2000 Fuss Höhe über der Fläche der Ebene erreicht. Die Geschwindigkeit der Ströme hängt von zwei Bedingungen ab; von der Neigung des Flussbettes und von dem Volumen der Wassermasse. Je grösser dieses letztere, desto bedeutender die Geschwindigkeit, wenn auch die Neigung dieselbe bleibt, so dass ein Bach bei 1 bis 2 Minuten Neigung fast still steht, während der Rhein, bei demselben Falle, eine reissende Strömung darbietet. Ein Schlammstrom von 3000 Fuss mittlerer Tiefe, der oft mehr als eine Viertelstunde Breite hatte und dessen Fall zwischen 12 bis 40 Minuten wechselte, musste eine ungeheure Geschwindigkeit erreichen und der erstaunlichsten Wirkungen fähig sein. Die Felsen auf seinem Grunde und seinen Seiten mussten durch die rasch darüber hingeführten Gerölle abgenutzt und geschliffen werden, die eckigen Blöcke konnten, bei der grossen Schnelligkeit, mit welcher sie fortgeführt wurden, einander nicht abrunden, sondern wurden so abgesetzt, wie sie losgesprengt worden waren. Da die Blöcke in der kurzen Zeit, binnen welcher sie hinübergeführt wurden, nur wenig innerhalb des Schlammstromes sich senken konnten, so vermengten sie sich auch nicht, und die an niederen Felsen losgerissenen Stücke, wie die Kalksteine und Puddinge, erreichten auch eher den Boden, als die von den höchsten Gipfeln stammenden krystallinischen Gesteine. Die Schlammströme, welche man jetzt zuweilen noch in den Hochalpen nach heftigen Regengüssen beobachtet (*Nants sauvages* in Savoyen genannt), zeigen die Eigenthümlichkeit, dass die von ihnen mitgerissenen Steine zu beiden Seiten des Baches im Niveau seiner Oberfläche in Längslinien abgelagert werden, welche im Kleinen die Längswälle wiederholen, die man in den Alpenthälern beobachtet. Die Entstehung solcher gewaltiger Schlammströme hatte wahrscheinlich, nach den Ansichten Einiger, in der plötzlichen Erhebung der Alpen ihren Grund, und aus der Zersplitterung und Zersprengung der Gebirge ist die grosse

Menge von Findlingsblöcken begreiflich, welche von den durch die Erhebung bedingten Schlammströmen mitgeschleppt wurden. Es ist wahrscheinlich, dass die Erhebung der Hauptalpenkette nicht aus einem flachen Lande hervorging, sondern dass schon eine Bergkette von bedeutender Höhe vorher bestand, welche mit Gletschern bedeckt war, so dass bei der Zersplitterung dieser Gletscher die Eisstücke als natürliche Flösse dienten, auf welchen theilweise die Felsblöcke weggeflösst wurden. Die Beobachtung der Zonen von Blöcken an dem Jura spricht ebenfalls für diese Ansicht; die grösseren Höhen der Zonen unmittelbar der Thalmündung gegenüber und das allmälige Abfallen derselben nach beiden Seiten verhält sich ganz so, wie wenn ein Strom mit gewaltiger Geschwindigkeit gegen den Jura angeprallt wäre und dann nach beiden Seiten hin sich verlaufen hätte.

Nach der Ansicht vieler anderer Forscher waren die Gletscher, §. 800. welche jetzt den Hintergrund nur der höchsten Alpenthäler erfüllen, einst weit ausgedehnter als jetzt; sie erstreckten sich nicht nur auf die Ebene, sondern erfüllten diese auch bis zum Jura. Die grossen eckigen Findlingsblöcke wurden auf dem Rücken dieser Gletscher in die Ferne getragen, ganz so, wie dies auch jetzt noch geschieht; die runden Blöcke, die Rollsteine unter der Sohle des Gletschers, zwischen diesen und dem Felsgesteine, abgerundet, theilweise selbst zu Sand gerieben und auf einer oder mehren Flächen geritzt. Die Felsflächen, auf welchen der Gletscher sich bewegte, wurden unter dem Drucke einer so ungeheuren Masse mittelst des Sandes, der sich zwischen Gletschersohle und Fels befand, abgerundet, geglättet und durch härtere, mitgeführte Quarztheilchen in der Richtung der Gletscherbewegung gestreift und geritzt. So lange die Gletscher so hoch standen, dass sie die obere Grenze der in den Alpenthälern befindlichen Höhenlinien und die obere Blockzone erreichten, so lange konnten nur Blöcke aus den grössten Höhen der Alpen auf dem Gletscher fortgeschafft werden, da die in niederen Gegenden anstehenden Gesteine von dem Eise überfluthet waren; allmälig, im Maasse, als sich die Gletscher zurückzogen, konnten auch diese ihre Trümmer auf die Gletscherfläche streuen, und so erklärt sich auf das Leichteste die verticale und horizontale Vertheilung der Blöcke je nach ihren mineralogischen Charakteren.

Diese Ansicht, welche man jetzt allgemein mit dem Namen der §. 801. Gletschertheorie belegt, stützt sich hauptsächlich auf das genauere Studium der Gletscher und ihres Verhaltens. Sie stützt sich darauf, dass die Felstrümmer, die noch heute auf die Gletscher fallen und die oft ebenso bedeutende Dimensionen besitzen, als die Findlingsblöcke, auf dem Rücken derselben mit Beibehaltung ihrer Ecken und Kanten ins Thal geschafft und dort in Form von Schuttwällen abgesetzt werden, die man Moränen genannt hat. Diese Gletschermoränen dehnen sich als lange Wälle zu beiden Seiten des Gletschers hin (Seitenmoränen)

und vor dem Thalende der Gletscher bilden sie ebenfalls einen Schuttwall, der quer im Bogen durch das Thal zieht und in dieser Gestalt zurückgelassen wird, wenn der Gletscher sich zurückzieht. Diese Moränen haben ganz dasselbe unregelmässige Ansehen, sind ebenso aus Bruchstücken von jeder Grösse zusammengesetzt, wie die Schuttwälle, die man entfernt von den Gletschern in den Alpenthälern trifft, und welche deshalb als alte Moränen angesehen werden müssen.

§. 802. Ferner ist es jetzt eine erwiesene Thatsache, dass überall die Sohle der jetzigen Gletscher von abgeschliffenen, geritzten und gestreiften Flächen gebildet wird, und dass die Gletscher wirklich diese Schliffe hervorbringen, ist ebenfalls ein Resultat der Beobachtung. Ebenso findet man nur am Fusse der Gletscher und unter denselben solche polirte, geritzte und gestreifte Rollsteine, wie die sind, welche den Grund der Alpenthäler ausfüllen, und deren Verbreitung über die ebene Schweiz bis zum Jura hin wir verfolgt haben. Man kennt bis jetzt kein anderes Agens in der Natur, welches Rundhöcker und gestreifte Schliffflächen hervorgebracht hätte; die Schliffe, welche vom Wasser herrühren, sind ungleich, matt und ohne Ritze; die Rutschflächen, welche sich oft auf Saalbändern solcher Gesteine finden, die in Spalten an einander herglitten, lassen sich leicht unterscheiden. Weder Brandungswellen, noch Fluthwogen oder Meeresströmungen können ähnliche Erscheinungen hervorbringen; — man hat zwar behauptet, dass Eismassen mit eingefrorenem Sande und Steinen, welche vom Wasser und besonders vom Meere fortgeführt würden, solche Phänomene zu erzeugen im Stande wären — aber den Beweis dafür hat noch Niemand liefern können. Ebenso hat man bis jetzt gestreifte Gerölle auch nur unter Gletschern hervorgebracht gefunden; das Wasser rundet die Gerölle zwar auch ab, ritzt sie aber nicht, und die geritzten Gerölle verlieren im Gegentheile ihre Streifen sehr bald, wenn sie von Wasserströmen fortgewälzt werden. Halbmondförmige Schuttwälle, die quer durch das Thal ziehen, werden ebenfalls nur von Gletschern abgesetzt und, wenn auch die *Nants sauvages*, die Schlammströme und Bergwasser Blöcke zu beiden Seiten ihres Ufers wallförmig anreihen, so hat man noch nie beobachtet, dass sie ihrem Laufe solche Dämme, deren Convexität thalabwärts schaut, entgegensetzen, während die Zurücklassung solcher Endmoränen durch die Gletscher bei ihrem Rückzuge täglich in den Alpen beobachtet werden kann.

§. 803. Die Anhänger der Gletschertheorie schliessen demnach durchaus folgerecht, dass überall, wo Rundhöcker, geritzte Schliffflächen, geritzte Rollsteine mit Findlingsblöcken vergesellschaftet vorkommen, auch Gletscher früher waren, welche diese Erscheinungen in ihrer gemeinschaftlichen Verbindung hervorbrachten, und da diese sich überall bis zum Jura zeigen, so behaupten sie die frühere Existenz ungeheurer Gletscher, welche die Alpenthäler und die ebene Schweiz ausfüllten,

und am Jura bis zur oberen Blockzone anstiegen. Die Vertheilung der Blöcke je nach den verschiedenen Thälern erklärt sich dadurch sehr gut; jeder Gletscher führte seine eigenthümlichen Gesteine mit sich und Rhone-, Aar-, Reuss-, Linth- und Rhein-Gletscher berührten sich an ihren Grenzen, wo die von ihnen weggeführten Blöcke sich mischen konnten, aber nur in sehr geringer Ausdehnung. Ebenso erklären sich die eigenthümlichen Verbreitungszonen eines jeden Gesteines, sowie die Nichtmischung derselben von einem Ufer zum anderen nur durch die Gletschertheorie, da beim Herausstürzen eines Stromes durch eine enge Schlucht nothwendig mischende Wirbel entstehen mussten.

Die Gründe, welche man nach und nach gegen diese Theorie vor- §. 804.
brachte, wurden allmälig durch Thatsachen weggeräumt, und jetzt stützen sich die Gegner der Gletschertheorie hauptsächlich nur noch darauf, dass selbst die ebensten der heutigen Gletscher einen Fall von 2 bis 3 Graden haben, während die so ausgedehnten erratischen Gletscher nur höchstens einen Fall von 20 bis 40 Minuten gehabt hätten. Dieser Einwurf ist indessen ungegründet, da auf die Gletscher dieselben Gesetze ihre Anwendung finden müssen, welche bei den Strömen gelten, und wenn auch die Gletscher nur durch die Schwere sich bewegen sollten, doch eine Neigung von so geringer Höhe hinreichend sein würde, eine so ungeheure Masse, wie die erratischen Gletscher waren, fortzubewegen. Man hat ferner gefunden, dass eine solche Herabstimmung der Temperatur, wie sie zur Erzeugung so ausgedehnter Gletscher in der Schweiz nöthig war, in schreiendem Widerspruche stehe mit den Thatsachen, welche uns in der tertiären Periode ein tropisches Klima in der Schweiz erkennen lassen, wo Palmen wuchsen und Muscheln der Tropengegenden lebten. Der Contrast ist freilich grell; allein noch andere Erscheinungen sprechen für die wirkliche Existenz eines solchen kälteren Klimas zur Zeit der erratischen Epoche. Ueberdies müssen die Thatsachen in den Naturwissenschaften stets als erster und letzter Prüfstein dienen, und so lange die erratischen Erscheinungen in der Schweiz nur mit den jetzt an den Gletschern beobachteten Thatsachen übereinstimmen, so lange müssen auch gleiche Ursachen für sie erschlossen werden. Erst wenn man noch andere Agentien aufgefunden haben wird, welche ebenfalls Rundhöcker, Schliffflächen mit Streifen und Ritzen, geritzte Gerölle und Findlingsblöcke in Gemeinschaft erzeugen, erst dann kann die Existenz der erratischen Gletscher in der Schweiz in Frage gestellt werden.

Dieselben Schlüsse, welche in der Schweiz gelten, müssen auch in §. 805.
anderen Gebirgen ihre Anwendung finden, wo dieselben Erscheinungen beobachtet werden, wenn auch diese Gebirgszüge jetzt keine Gletscher mehr besitzen. Die erratischen Phänomene der Pyrenäen, der Vogesen, des Schwarzwaldes, des Erzgebirges, der schottischen, englischen und irischen Gebirge sind demnach ebenso gewiss Gletschern zuzu-

schreiben, als diejenigen der Schweiz. Jedes dieser Gebirge bildete in der erratischen Zeit einen Mittelpunkt, von dessen Höhen aus sich Gletscher durch die Thäler erstreckten, ganz so wie dies jetzt noch der Fall ist in den Alpen, und die Grenzen der eben angeführten Erscheinungen, welche im Gefolge der Gletscher sich finden, stecken auch hier die Grenzen ab, bis zu welchen man die Erstreckung der Gletscher in den genannten Bergketten anzunehmen hat.

Jedenfalls waren diese Gletscherphänomene die letzten Erscheinungen in der Reihe, wie aus den oben angeführten Thatsachen hervorgeht, und die Gletscher der Schweiz namentlich dehnten sich über die älteren Gerölle, Schieferkohlen und Lehmablagerungen aus, welche gewiss einer anderen Ursache und früherer Zeit zuzuschreiben sind. Der Löss des Rheinthales war der Detritus jenes ungeheuren Schweizergletschers, der durch einen bedeutend grösseren Strom, als jetzt, weggeführt wurde.

§. 806. Im Norden unseres, sowie des amerikanischen Continentes zeigen die erratischen Erscheinungen eine eigenthümliche Physiognomie, und wie es scheint, müssen hier zur Erklärung der beobachteten Thatsachen noch andere Hülfsmittel angerufen wurden. Wir haben oben bemerkt, dass die Streifen der polirten Flächen in Scandinavien eine Richtung zeigten, welche das Kjölen-Gebirge als Mittelpunkt bezeichneten, von welchem aus die bewegende Kraft ihren Ursprung nahm, und dass die Streifen in Finnland bewiesen, wie diese bewegende Kraft über den bothnischen Meerbusen herübergekommen sei. In dem ganzen Gebiete der scandinavischen Halbinsel, sowie auf Finnland, zeigen sich demnach alle Erscheinungen, welche für die Existenz alter Gletscher sprechen — Rundhöcker, polirte und geritzte Flächen mit Geröllen und eckigen Blöcken darüber; in Nordamerika finden sich die gleichen Erscheinungen, und es muss somit auch folgerecht angenommen werden, dass diese Länder ebenso gut wie der nordamerikanische Continent bis unterhalb der Seen von ungeheuren Gletschermassen bedeckt waren.

Nach dieser Gletscherperiode aber folgte für den Norden eine Periode der Ueberschwemmung, indem in Scandinavien wie in Nordamerika das Meer einen bedeutend höheren Stand einnahm und geschichtete Thon- und Sandablagerungen erzeugte. Nordamerika war zu gleicher Zeit grossentheils durch zwei ungeheure mit einander in Verbindung stehende Seebecken süssen Wassers erfüllt. Nach dieser Periode folgt wieder eine Hebung und damit in Scandinavien neue Gletscherbildung auf den Höhen und Ausstreuung von Findlingen, während in Nordamerika keine Gletscher mehr existiren, sondern Mastodonten leben.

§. 807. Die letzte Ausstreuung der Findlinge in Scandinavien, welche die Oesars krönen und weit über die Ostsee hinaus sich erstrecken, fand gewiss statt, als diese Landestheile noch unter Wasser standen. Denn wenn auch

auf der einen Seite angenommen werden muss, dass überall, wo Rundhöcker und Schliffflächen sich zeigen, auch Gletscher einst auf dem Boden lasteten, so zeigen die alljährlichen Vorkommnisse im Norden, dass Blöcke und Gerölle auch auf andere Weise, nämlich durch Eisflösse, können weggeschafft werden. An den Küsten des sibirischen und nordamerikanischen Eismeeres, an dem weissen Meere, an den Küsten von Canada, von Dänemark, Curland und Lievland werden alljährlich beim Eisgange grosse Mengen kleinerer und grösserer Blöcke, im Eise eingebacken, fortgeflösst und meist stellt sich die Mehrzahl dieser Blöcke in Reihen längs der Flussmündungen auf, dort wahre Längswälle bildend. Eine grosse Menge von Blöcken wird ins Meer selbst geflösst und strandet an den Küsten oder fällt irgendwo durch Zerstörung des Eises, welches sie trägt, zu Boden. Es findet sich demnach an den Küsten der nördlichen Meere ein Transportmittel für die Blöcke, welches dem Festlande abgeht, nämlich die Eisflösse.

Berücksichtigt man nun die Thatsache, dass der Sand, Kies und §. 808. Gerölle, auf und in welchem die Findlingsblöcke Finnlands, der norddeutschen Ebene und ganz Russlands fast abgelagert sind, geschichtet ist, dass die Oesars Spuren von Schichtung darbieten, dass eine Ablagerung von Sand und Lehm noch weiter nach Süden dringt, als die Blöcke, deren südliche Grenze wir eben angaben; dass diese Lehmablagerungen offenbar den Charakter meerischer Depôts an sich tragen; dass in den Sand-, Kies- und Lehmablagerungen sich an vielen Orten, in Schottland, Schweden und Russland fossile Muscheln finden, welche jetzt noch in den Meeren der nördlichen Zone leben — fasst man alle diese Thatsachen zusammen, so ergiebt sich wohl der Schluss, dass alle genannten Gegenden während der letzten Zeit der erratischen Epoche, die offenbar sehr lange dauerte, sich durchaus in denselben Verhältnissen befanden, wie jetzt die Ufer des Polarmeeres; dass Grossbritannien grossentheils und Scandinavien gänzlich von Gletschern bedeckt war, die bis ins Meer hinabstiegen, und dass die erratischen Ebenen von Deutschland, Russland und Sibirien von einem Polarmeere bedeckt waren, auf dessen Grunde die Sand- und Kiesmassen sich schichteten und die Eisflösse mit ihren Findligen strandeten. Der Boden dieses alten Polarmeeres hob sich nun allmälig empor und von der ganzen weiten See, welche die Nordsee mit dem weissen Meere verband und Scandinavien allseitig umfluthete, blieb nur die Ostsee übrig. Diese allmälige Erhebung des Bodens dauert in Schweden noch jetzt fort; man hat mit vollkommener Bestimmtheit nachgewiesen, dass in historischer Zeit dasselbe sich aus dem Meere auf durchaus unmerkliche Art erhoben hat, und dass diese Erhebung dennoch bedeutend genug gewesen ist, um genau gemessen werden zu können. Es zeigt sich also auch hier, wie überall, die Periode der erratischen Erscheinungen als diejenige, welche die historische Zeit einleitete und in dieser selbst sich noch fortsetzt.

Parallelisirung der tertiären und quaternären Gebilde.

Lyell's Eintheilung.			D'Orbigny's Eintheilung.	
Eocen.	Untere Tertiärgebilde.	Nummulitenschichten der Alpen, Karpathen, Apenninen u. s. w., Glarus, Monte Bolca.	Etage Suessonien.	
		Plastischer Thon des Pariser und unterer plastischer Thon des Londoner Beckens.		
		Grobkalk-, Gyps- und Mergel-Formation des Pariser Beckens.	Etage Parisien.	
		Eigentlicher Londonthon der Insel Sheppy.		
		Orbitolitenkalk, unterer Süsswasserkalk des Girondebeckens.		
		Sternberger Kuchen von Mecklenburg.		
		Untere Tertiärschichten von Nordcarolina, Virginien, Alabama und Florida.		
		Diablerets, Faudon in Savoyen, Berge des oberen Faucigny.		
Miocen.	Mittlere Tertiärgebilde.	Sandsteinformation von Fontainebleau im Pariser Becken.	Groupe Tongrien.	Etage Falunien.
		Bagshot-Sand im Londoner Becken.		
		Mergel von Boom, Tongres und Klein-Spauven in Belgien.		
		Blaue Faluns von Gaas in den Pyrenäen.		
		Blauer Thon und Cerithiensand des Mainzer Beckens. (?)		
		Untere Süsswassermollasse der Schweiz. (?)		
		Mühlsteine von Montmorency des Pariser Beckens.	Groupe Falunien.	
		Faluns der Touraine.		
		Meeresmollasse in der Umgebung des Alpensystemes.		
		Moëllonkalk des südlichen Frankreich.		
		Faluns von Bordeaux und Dax.		
		Grobkalk und Cerithienkalk in Podolien.		
		Becken von Mainz — Cerithien- und Litorinellenkalk.		
		Becken von Georgensgmünd.		
		Tegel von Wien.		
		Schichten der Superga bei Turin.		
Pliocen.	Obere Tertiärgeb.	Subapenninenschichten.	Etage subapennin.	
		Becken der Landes und der Bresse.		
		Korallen-Crag und rother Crag in England.		
		Braunkohlen in Hessen und Westphalen.		
		Süsswasserablagerungen von Oeningen.		
		Schieferkohlen von Uznach.		
		Jüngere Ablagerungen der Auvergne.		
Pleistocen.	Quaternäre Bildngn.	Pampasthone.		
		Norwich-Crag.		
		Thone von Brasilien.		
		Jüngste Schichten von Neuholland und Neuseeland.		
		Knochenhöhlen und Knochenbreccien aller Länder.		
		Aeltere Alluvionen der Schweiz, des Arnothales u. s. w.		
		Hebungen an Küsten.		
		Neuere Anschwemmungen.		
		Löss und Lehm.		
		Erratische Phänomene.		

Die Fauna und Flora der Tertiärgebilde bieten eine ungeheure Menge von Formen dar, die sich, besonders bei den Pflanzen und den niederen Thieren, sehr nahe an die jetzt lebenden anschliessen, während die höheren Thiere eine Stufenleiter allmäliger Entwickelung in den Säugethieren darbieten und in den ältesten Tertiärgebilden Typen zeigen, welche sich etwa den Typen der niederen Thierclassen, die sich in den älteren silurischen und devonischen Schichten finden, vergleichen lassen. §. 809.

Die Gewächse, welche schon in der Kreideperiode wahre dikotyledonische Bäume mit netzförmigen Blattrippen zeigten, sind jetzt in der Mehrzahl aus Tannen, Fichten, Ahornen, Ulmen, Fig. 542, u. s. w. zusammengesetzt, worunter sich auch, namentlich in den südlicheren Gegenden, wie in der Schweiz, Mittelfrankreich u. s. w., Palmen gesellen, und es zeigt dies Vorkommen von Palmen in nördlicheren Breiten, als dies jetzt der Fall ist, dass zur Tertiärzeit eine höhere Temperatur herrschte. Bei der Unmöglichkeit, die einzelnen Formen hier durchzugehen, müssen wir uns bei den Pflanzen und den niederen Thieren namentlich auf einige besonders auffallende Producte beschränken.

Fig. 542.



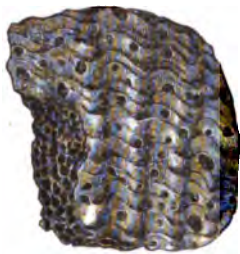
Delesserites Gozzolanus.
Aus dem Nummuliten-Terrain des Monte Bolca.

Hierher gehört vor allen der Bernstein, ein schönes, gelbes, durchscheinendes Mineral, das offenbar ein umgewandeltes Harz verschiedener theils Nadel-, theils Laubholzbäume ist, wie sein Vorkommen mit Baumresten und Tannzapfen, die zahlreichen Einschlüsse von Insecten und seine chemische Zusammensetzung erweisen. Er findet sich theils in der Braunkohle, theils entfernt von ihr als ausgeschwemmtes Mineral, und wird an den Ostseeküsten namentlich aus den wahrscheinlich auf dem Grunde des Meeres befindlichen Braunkohlenlagern ausgewaschen und durch die Wellen an das Ufer geführt. Sein Vorkom-

men in Braunkohlen, welche älteren Formationen, wie der Kreide, angehören, beweist, dass seine Bildung nicht von geologischen, sondern von rein organischen Einflüssen abhing.

§. 810. Unter den Schwämmen bemerken wir hier die Familie der Clioniden, Fig. 543, deren hornartige Schwammmassen sich in Steine und Muschelschalen einbohren und darin unregelmässige Canäle anlegen, die von Zeit zu Zeit durch rundliche Oeffnungen nach aussen münden. Wir geben hier die Abbildung eines Schalenstückes, auf dessen Oberfläche man die Mündungen sieht, während man auf einer anderen Stelle bei weggebrochener äusserer Kruste das Netz des Schwammes gewahren kann.

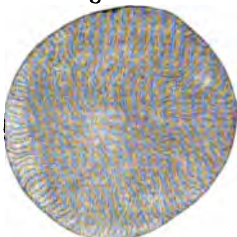
Fig. 543.



Cliona Duvernoyi.
Aus d. Faluns der Touraine.

§. 811. Unter den Rhizopoden oder Foraminiferen erwähnen wir vor allen der Nummuliten, Fig. 544 — 549, welche, wie wir oben sahen, als ausgezeichnete Leitmuscheln für das nach ihnen benannte Terrain zu betrachten sind. Die Nummuliten bilden runde, mehr oder minder scheiben- oder linsenförmige Körper, deren Umriss indess stets kreisförmig ist. Der Rand erscheint meistens scharf, zuweilen, besonders bei den flacheren Arten, stark wellig gebogen. Die

Fig. 544.



Nummulites nummularia.
Von oben.

Fig. 545.



Derselbe von der Seite.

Fig. 546.



Horizontaldurchschnitt der Schale.

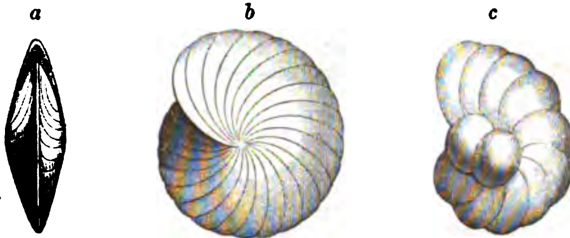
Fig. 547.



Stark vergrössertes Stück eines Querdurchschnittes. *a* Spiralcanal. *b* Oeffnungen der Kammern. *c* Seitliche Kammern.

Oberfläche ist niemals ganz glatt, sondern meistens mit feinen welligen oder strahlenden Linien gezeichnet, in anderen Fällen fein granulirt. Oft brechen diese Schalen beim Spalten des Nummulitenkalkes in der

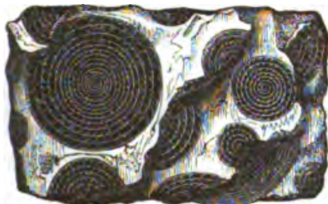
Fig. 548.



Nummulites planulata.

a Von der Seite. *b* Von vorn. *c* Jung, stärker vergrössert.

Fig. 549.



Nummulitenkalk aus den Pyrenäen.

Weise, dass die eine Hälfte der Schale in dem einen, die andere im anderen Bruchstücke bleibt, wo man dann die innere Structur sehen und sich überzeugen kann, dass dieselbe aus spiralig gestellten Kammern besteht, die durch schiefe radienförmige Querwände von einander getrennt sind. Die älteste Kammer ist stets kugelförmig, die neueren lagern sich so an, dass die ganze Schale aus einem Spiralcanale zu bestehen scheint, der sich immer weiter nach aussen aufrollt und dessen Windungen sich bald gänzlich umfassen, bald nur berühren. Die Kammern hängen unter einander zusammen, indem die Scheidewände nicht ganz vollständig sind, und es scheint die Unabhängigkeit der einzelnen Segmente des Thierkörpers, welche diese Kammern bewohnten, nicht ganz vollständig gewesen zu sein.

Fig. 550.



Robulina echinata.

Aus dem Subapenningebilde.

Zu derselben Familie der in einer Ebene gewundenen Helicostegier gehören die Robulinen, Fig. 550, deren zusammengedrückte platte Schale eine dreieckige Oeffnung an dem scharfen gekielten Winkel der letzten Kammer hat. §. 812.

Unter den schneckenförmig gewundenen Helicostegiern erwähnen wir die häufig vorkommenden Ro-

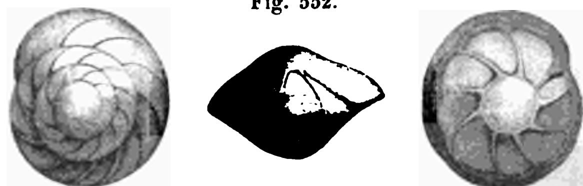
talien, Fig. 551, 552, deren regelmässig gewundene Schale aus geschwungenen nautilusähnlichen Kammern besteht, von denen die letzte

Fig. 551.



Rotalia Boucana. Aus dem Wiener Becken.

Fig. 552.

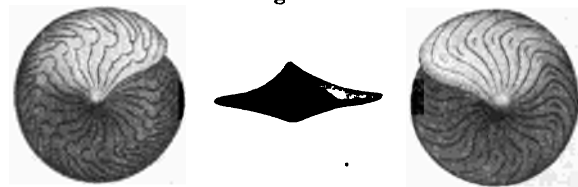


Rotalia Partschiana. Aus dem Wiener Becken.

eine halbmondförmige Oeffnung in der Mitte zeigt. Die Gattung kommt schon in den Liasschiefern vor und lebt noch in den jetzigen Meeren.

§. 813. Bei den Entomostegiern besteht die Schale aus länglichen Kammern, welche in zwei Axen über einander so geordnet sind, dass sie mit einander abwechseln und zugleich in einer Spirale sich aufrollen. Die Schälchen haben meistens eine glasige Beschaffenheit und zwei ungleiche Seiten, indem die Kammern auf der einen Seite kleiner sind als auf der andern. Die Gattung *Amphistegina*, Fig. 553, zeigt in

Fig. 553.



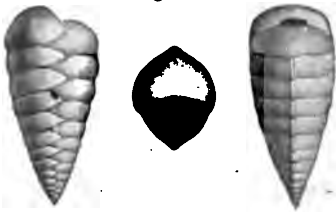
Amphistegina Haueri. Aus den Faluns.

ähnlicher Weise, wie die Nummuliten, umfassende Spiralwindungen, aber nur auf einer Seite alternirende Kammern, welche immer durch Längsscheidewände getrennt sind.

§. 814. Zu den schon früher erwähnten Enallostegiern gehören die Textularien, Fig. 554, kegelförmige zusammengedrückte Schälchen mit

gleichen Seiten, die aus paarigen Theilen gebildet sind und stets alternirende Kammern haben, die auf der inneren Seite eine quere Oeffnung besitzen. Sie gehen vom Hilsgebilde bis in die jetzigen Meere.

Fig. 554.



Textularia Meyeriana.
Aus den Faluns.

§. 815. Die Agathistegier haben kleine hirsekornförmige Schalen, in welchen sich die Umgänge schalenförmig um eine gemeinschaftliche Längsaxe legen, und zwar in der Weise, dass jeder neue Umgang, der grösser als der ältere ist, den vorigen ganz oder theilweise verdeckt, indem er die Hälfte der Circumferenz einnimmt. Die Schalen sind glatt und bald gleichseitig, bald ungleichseitig, je nachdem sie aus paarigen oder unpaarigen Theilen zusammengesetzt sind. Ganze Schichten des Pariser Grobkalkes sind aus Millionen dieser Schälchen zusammengesetzt, die man früher Milioliten nannte, jetzt aber in mehre Gattungen zerspalten hat. Bei den Triloculinen, Fig. 555, ist die Schale oval oder dreieckig und die Kammern in jedem Alter auf drei entgegengesetzte Seiten zusammengeballt.

Fig. 555.



Triloculina Josephina.
Aus dem Wiener Becken.

§. 816. Zu den schon früher erwähnten Stichostegiern, bei welchen die Kammern in einer einzigen Axe auf einander gethürmt sind, gehören die Frondicularien, Fig. 556, dünne, zusammengedrückte Schalen mit winkelig geknickten Kammern, die eine einzige runde, in der Mitte gelegene Endöffnung haben. Sie reichen vom Lias bis in die jetzigen Meere.

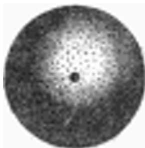
Fig. 556.



Frondicularia annularis.
Aus dem Subapenninengebilde.

§. 817. Bei den Monostegiern findet sich stets nur eine einzige Kammer mit verschiedener Gestalt und Oeffnung. Die Gattung *Orbulina*, Fig. 557, die in dem Subapenninengebilde vorkommt, hat ein vollkommen kugelförmiges Schälchen mit vielen Poren und einer einzigen mittleren runden Oeffnung, ohne irgend eine Verlängerung.

Fig. 557.



Orbulina universa.

§. 818. Unter den Polypen heben wir besonders die Gattung *Turbinolia*, Fig. 558, hervor, die durchaus auf die mit dem Pariser Becken gleichalterigen Gebilde beschränkt ist und einen geraden freien Polypenstock von kegelförmiger Gestalt zeigt; der Kelch ist kreisförmig, die Mauer nackt, die innere Säule einfach griffelförmig, die Strahlen sind einfach, ihre Blätter hart an einander gelegt und ihre Ränder stehen aussen als Rippen vor. Es sind meistens nur kleine Korallenstöckchen, die sich in Unzahl besonders im sandigen Grobkalke finden.

Fig. 558.

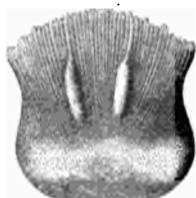


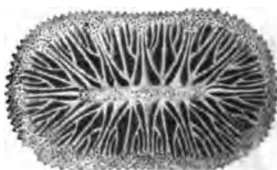


Turbinolia sulcata. Aus dem Grobkalke.

§. 819. Die Familie der Eupsammiden hat poröse Korallenstöcke, deren Mauer auf der äusseren Oberfläche, die ganz mit gedrängten Knötchen besetzt ist, eine Unzahl kleiner Oeffnungen zeigt. Die Scheidewände sind breit, wenig hervorstehend und die des letzten Kreises unvollständig mit getheiltem Rande, nach dem vorhergehenden Systeme hingebogen. Die Columella ist schwammig. Die Gattung *Eupsammia*, Fig. 559, die ganz auf die

Fig. 559.





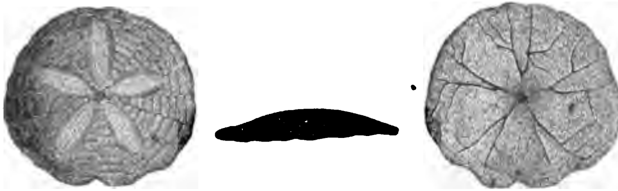
Eupsammia Maclurei. Aus dem Grobkalke.

unteren und mittleren Tertiärgebilde beschränkt ist, hat einen einfachen und freien Polypenstock mit eiförmigem Kelche, ohne flügelförmige Fortsätze an der Basis.

§. 820. Unter den tertiären Echinodermen, deren Zahl sehr gross ist, zeichnet sich die Familie der Scutellen schon um deswillen aus, weil nur eine einzige Art unter mehr als dreissig fossilen in der Kreide von New-Jersey angetroffen wird, während alle in Europa gefundenen Scutellen den Tertiärgebilden angehören und somit ihre Schalen vortreffliche Leitmuscheln abgeben. Diese Thiere haben eine scheibenförmige, sehr platte Gestalt, etwas abgerundete Form, Mund und After auf der Unterseite und einen fünfeckigen Stern von Oeffnungen auf dem Rücken,

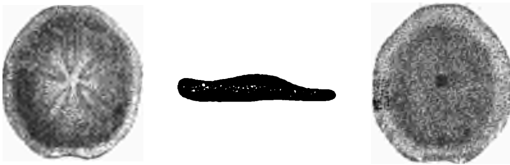
die für den Durchgang der sogenannten Fühler (Ambulacren) dienten. Die Einen, Fig. 560, haben Einschnitte am Rande; zu den Ganzrandigen gehören die Laganen, Fig. 561 und 562, welche rundlich oder

Fig. 560.



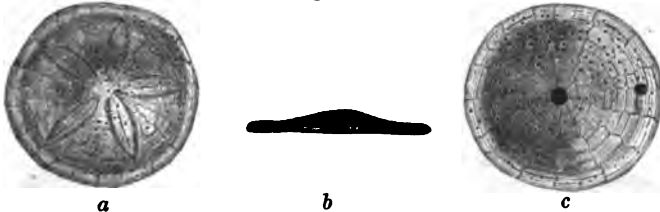
Scutella subrotunda. Aus den Faluns.

Fig. 561.



Laganum reflexum. Aus dem Grobkalk.

Fig. 562.



a *b* *c*

Laganum tenuissimum. Aus dem Grobkalke von Blaye.
a Von oben. *b* Von der Seite. *c* Von unten.

eiförmig, hinten abgestutzt sind, einen aufgeschwollenen Rand, eine grosse Ambulacralrosette und einen centralen Mund haben, während der After nahe am Rande sich findet. Die ganze Oberfläche der Schale ist von einer feinen Granulation übersäet.

Fig. 563.



Gualtieria Orbignyana.
Aus dem Nummulitenkalke.

Zu der schon früher erwähnten §. 821.
Familie der Herzigel (*Spatangida*) gehört die Gattung *Gualtieria*, die eine ovale Gestalt und ungleiche Ambulacren zeigt, bei welcher der auf der Unterfläche excentrisch gelegene Mund von dicken Warzen umgeben ist, während der After auf

der oberen Fläche liegt und die Ambulacren durch ein eigenthümliches Band in Form einer stumpfen Pfeilspitze, das sich um den Scheitel der Schale schlingt, quer durchgeschnitten werden. Die Gattung ist durchaus charakteristisch für die Nummulitengebilde.

§. 822. In den mittleren Tertiärgebilden findet man eine eigenthümliche Form von Moospolypen, die nur dort vorkommen und mit dem Namen *Maeandropora* bezeichnet worden sind, Fig. 564. Der Polypenstock

Fig. 564.



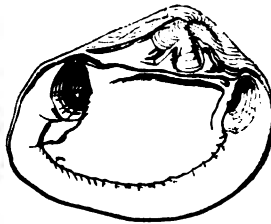
Maeandropora cerebriformis. Aus den Faluns.

bildet senkrechte, vielfach gewundene, dicke Blätter, welche über eine kugelige Masse hervorstehen und eine Menge kleiner Oeffnungen zeigen, die in röhrige, senkrecht gestellte, büschelförmig verbundene Zellen führen.

§. 823. Unter den Muscheln der Tertiärzeit erwähnen wir hier eine Art aus der Gattung *Crassatella*, Fig. 565, deren Charakteristik schon früher gegeben wurde.

Fig. 565.





Crassatella ponderosa. Aus dem Grobkalke.

Fig. 566.

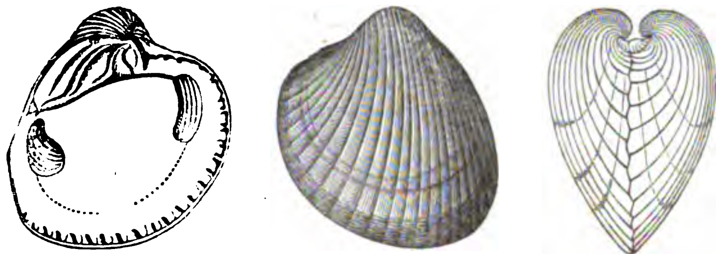


Cardita planicosta. Aus dem Grobkalke.

§. 824. Die Familie der Carditen zeigt ungleichseitige, dicke, symmetrische, vollkommen geschlossene Schalen mit sehr dicken, schiefen Schlosszähnen, äusserem Schlossbande und zwei grossen Muskeleindrücken an beiden Enden der Schale. Der Mantel ist ganzrandig. Bei den eigentlichen Carditen, Fig. 566 und 567, ist die Schale oval oder rund, mit tiefen Strahlenleisten gezeichnet und innen mit zwei ungleichen, schiefen, nach der nämlichen Seite gerichteten Schlosszähnen ver-

sehen. Sie reichen von den Hilsbildungen an bis in die jetzigen Meere.

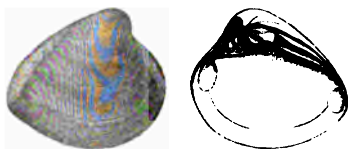
Fig. 567.



Cardita pectuncularis. Aus dem Nummulitengebilde.

Die Familie der Erbsenmuscheln (*Cyclasida*) gehört durchaus nur dem süssen Wasser an und enthält mehr oder minder zusammengedrückte kleine Muscheln von dreieckiger oder ovaler Gestalt, die vollkommen geschlossen sind und deren Mantel einen kleinen dreieckigen Einschnitt zeigt. Das Schloss hat ein äusseres Band und Hauptzähne und Seitenzähne. Die Gattung *Cyclas* selbst, Fig. 568, zeigt einen bis drei Schlosszähne, zwei langgezogene blätterige Seitenzähne und eine äusserst dicke Oberschale, die gewöhnlich an den Buckeln sich abnutzt. §. 825

Fig. 568.



Cyclas antiqua.
Aus dem plastischen Thone.

Die Flügelfüsser oder Pteropoden sind in den Tertiärschichten hauptsächlich durch Hyaliden repräsentirt, die, wie bekannt, eine feine, dünne, glasartige Schale haben, in welche das Thier sich gänzlich zurückziehen kann. Die Gattung *Hyalaea* selbst, Fig. 569, hat fast kugelförmige Schalen, meistens mit Spitzen und Hörnern verziert, die aus zwei ungleichen Hälften bestehen, wovon die eine Hälfte mehr aufgetrieben, die andere platter ist und durch ihr Vorstehen eine spaltförmige Oeffnung bildet, aus welcher das Thier sich entfalten kann. §. 826.

Fig. 569.



Hyalaea Orbignyana.
Aus den Faluns.

Auch die Heteropoden, deren ausserordentlich zarte Schalen ihrer Zerbrechlichkeit wegen in den Sammlungen jetzt lebender Schnecken selten sind, finden sich in den Tertiärschichten vertreten. Bekanntlich haben diese schwimmenden Meerschnecken statt eines Kriechfusses einen §. 827.

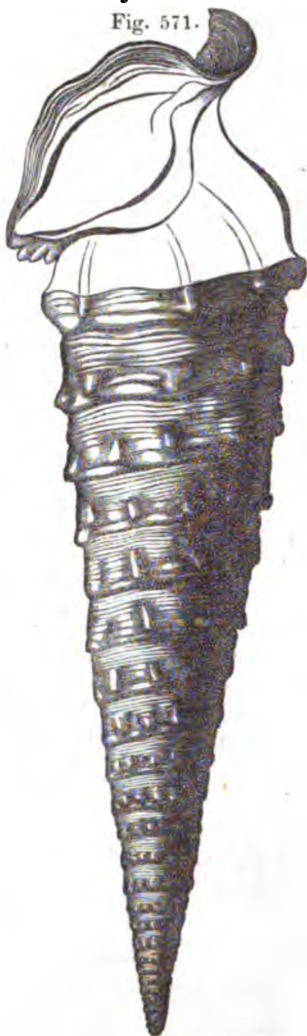
Fig. 570.



Carinaria Hugardi. A. d. Faluns.

ruderförmigen Lappen in der Mitte des Leibes, mit dem sie schwimmen. Die Carinarien, Fig. 570, besitzen eine kleine, mützenförmig auf die Seite gewundene Schale mit länglicher Oeffnung, welche nur zum Schutze des Eingeweidekernes dient, während der Körper der Schnecke vollkommen nackt und glasartig durchsichtig ist.

Fig. 571.



Cerithium giganteum. Aus dem Grobkalke von Paris.

§. 828. Unter den Gasteropoden der Tertiärperiode zeichnen wir hauptsächlich das Geschlecht der Cerithien, Fig. 571 und 572, aus, da diese Schnecken mit ihren vielen Arten einen der charakteristischen Typen unter den Grobkalkversteinerungen bilden. Mit den lebenden zählt dies Geschlecht mehr als dreihundert Arten, die von der Kreide an gelebt haben, und in so zahlreicher Menge, dass viele für Bausteine ausgebeutete Schichten des Grobkalkes fast nur aus Cerithien zu bestehen scheinen. Sie haben lange, thurmförmige, sehr allmälig sich zuspitzende, gewundene Gehäuse mit schiefer, eiförmiger Oeffnung, die sich unter der Spindel in einen kurzen, abgestutzten, zuweilen gebogenen Canal ohne Ausschnitt verlängert; die äussere Lippe bildet am oberen Ende des rechten Randes oft eine enge, kurze Rinne.

Fig. 572.



Cerithium hexagonum Aus dem Grobkalk.

§. 829. Die Familie der Felsenschnecken (*Muricida*) hat spiralig aufgewundene, keulenförmige Schalen mit scharfen Ecken und Rippen, deren Lippe stets verdeckt, stachelig oder blätterig ist und bei dem

Fortwachsen der Schale als vorstehende Rippe stehen bleibt. Die Spindel ist in einen langen, oft vollständig zur Röhre gezogenen Aftercanal ausgezogen. Die Gattung *Typhis*, Fig. 573, hat auf jeder Windung drei solcher alter rippenartig vorstehender Lippen, die mit Dornen geziert sind, und ausserdem noch röhrenartige Spitzen, welche auf dem oberen Rande der drei letzten Windungen stehen. Sie kommt nur in den unteren und mittleren Tertiärschichten vor.

Fig. 573.



Typhis tubifer.
Aus dem Grobkalke.

Die Familie der Porcellanschnecken (*Cypraeida*) zeigt glatte, wie polirte Schalen von eiförmiger Gestalt und fast gänzlich umfassenden Windungen, deren Oeffnung einen langen schmalen Spalt darstellt, aus welchem das Thier den dünnen Mantel hervorschiebt, der die Schale gänzlich einhüllt und so ihre Politur erhält. Bei den eigentlichen Porcellanschnecken (*Cypraea*), Fig. 574, ist die Oeffnung sehr eng, die Lippe eingerollt, die Ränder der Oeffnung gezähnelt und an jedem Ende ein Canal angebracht. Die ganze Familie kommt mit sehr wenigen Ausnahmen nur in den Tertiärschichten und in den heutigen Meeren vor. §. 830.

Fig. 574.



Cypraea elegans.
Aus dem Grobkalke.

Die Familie der Neritiden hat eine breite, gewundene, ungenabelte Schale, die meistens sehr niedrig ist und eine halbmondförmige Oeffnung zeigt, deren Spindelrand gewöhnlich umgebogen, stark schwielig und selbst gezähnt ist. Die Schale kann von dem Thiere mittelst eines Deckels geschlossen werden. Die Gattung *Nerita* selbst, Fig. 575, zeigt in ihren Schalen die Gestalt eines niedrigen schiefen Kegels mit hakenförmig umgebo-

Fig. 575.

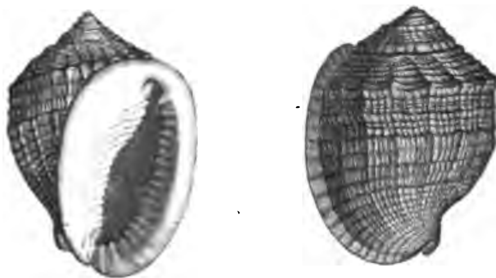


Nerita Schemidelliana. **Aus dem Nummulitenterrain.**

gener Spitze und abgeplatteter Mundöffnung, die gewöhnlich gezähnelt ist.

§. 831. In der Familie der Cassiden findet sich eine breite, bauchige Schale mit kurzem Athemcanal, der meistens nach oben zurückgebogen ist, und eine gewöhnlich auf beiden Seiten schwielige längsovale Mundöffnung. Die Gattung *Cassis*, Fig. 576, hat eine fast kugelige Schale

Fig. 576.

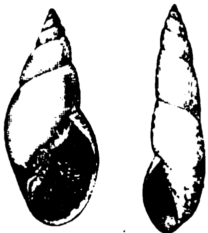


Cassis cancellata. Aus dem Grobkalke.

mit sehr kurzer Spindel und äusserst schwieliger Mundöffnung, deren Ränder gewöhnlich gefaltet sind und die auf der Schale als Längsrippen zurückbleiben. Der Athemcanal ist sehr kurz und plötzlich zurückgebogen.

§. 832. Die Land- und Süsswasserschnecken, die in den verschiedenen Tertiärablagerungen häufig gefunden werden, unterscheiden sich von den übrigen Meeresschnecken zum Theile dadurch, dass sie keine Kiemen, sondern Lungensäcke besitzen und Luft einathmen. Unter den luftathmenden Süsswasserschnecken ist besonders die Familie der Sumpfschnecken (*Lymneida*) wichtig, die eine dünne, längliche oder scheibenförmige Schale mit ganzer Mundöffnung besitzt. Es gehören hierher die Gattungen *Lymnea*, Fig. 577, mit dünner, ovaler oder thurmförmiger Schale, ganzer eiförmiger Oeffnung, schneidendem Mundrande, deren Windungen von rechts nach links gehen, wodurch sie sich von der Gattung *Physa*, Fig. 578, unterscheiden, deren meist sehr lang gezogene Schalen links aufgewunden sind.

Fig. 577. Fig. 578.



Lymnea pyramidalis. Aus d. plastischen Thone. *Physa columnaris*. A. d. plast. Thone.

§. 833. Die Thürschnecken (*Cyclostomida*) haben lange, dünne Schalen mit runder oder halbmondförmiger Oeffnung, deren Ränder oft umgebogen, aber niemals gezähnelt sind und die mit einem Deckel vollständig verschlossen werden können. Sie leben nur auf dem Lande und die Gattung *Cyclostoma*, die sich auch in den Tertiärschichten findet.

kommt jetzt hauptsächlich nur in südlichen Gegenden vor. Es unterscheidet sich diese Gattung von anderen ihrer Familie durch die kreisrunde Lippe ihrer Mundöffnung. (Fig. 579.)

Die Schnirkelschnecken (*Helicida*) sind allgemein durch die so häufig vorkommenden Garten- und Weinbergschnecken bekannt. Die Schalen sind gewöhnlich dünn, bauchig und langgezogen, mit Eindrücken auf der Aussenfläche, welche die Oberhaut erkennen lassen. Bei der Gattung *Helix* selbst, Fig. 580, ist die Schale kegelförmig, dick, der Mundrand breiter als lang und die Aufwindung regelmässig. §. 834.

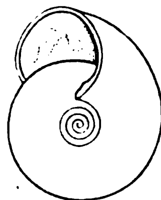
Fig. 579.



Cyclostoma Arnoudi.
Aus dem plastischen Thone.

Fig. 580.

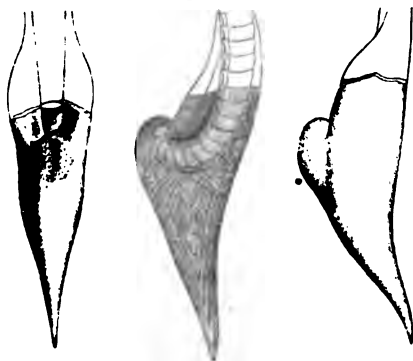




Helix hemisphaerica.
Aus dem plastischen Thone.

Die Ueberreste von Cephalopoden aus der Tertiärzeit sind verhältnissmässig selten, und besonders merkwürdig ist der gänzliche Mangel von Belemniten und Ammoniten, die in der Kreide noch so häufig waren. Wir bilden hier die Gattung *Spirulirostra*, Fig. 581, von der Superga bei Turin ab, welche eine merkwürdige Vereinigung von Charakteren zeigt, die sie einerseits der lebenden Gattung *Spirula*, andererseits den Belemniten nähern. Das Fossil besteht aus einer hakenförmig gebogenen, in Kammern getheilten inneren Schale, die einen Sipho zeigt und mit ihrem unteren Hakenrande in einen spitzen Kalkschnabel eingeschoben ist, der auf der vorderen Seite einen porösen Wulst zeigt und im Inneren aus über einander gestellten Luftkammern besteht, die eine Spirale bilden. §. 835.

Fig. 581.



Spirulirostra Bellardi.

Die Crustaceen der Tertiärgebilde sind deshalb besonders merkwürdig, weil man in ihnen erst Repräsentanten der Halbschwänzer (*Anomura*) und der Kurzschwänzer oder Krabben (*Brachyura*) findet. §. 836.

Der Schwanz ist bei diesen Thieren meist unter den Leib gebogen und rudimentär, dagegen die Kopfbrust ausserordentlich entwickelt und das Nervensystem zu einem einzigen grossen Ganglion vereinigt, was ihnen offenbar eine höhere Stellung zuweist. Wir bilden hier das Rückenschild eines Halbschwänzers aus der Gattung *Hela* ab, Fig. 582, und ferner die untere Ansicht eines ächten Taschenkrebses (*Cancer*), Fig. 583, bei welchem man den kleinen eingeschlagenen Schwanz und die

Fig. 582.



Hela speciosa.
Aus den Subapenninen.

Fig. 583.



Cancer macrocheilus.
Aus den Subapenninen.

grossen Scheeren sehen kann, die auf der Bauchseite zusammengezogen sind.

§. 837. Fossile Insecten aus der Tertiärzeit haben sich an vielen Orten gefunden — besonders wohl erhalten aber im Bernstein, in den Schiefern von Oeningen am Rhein, Radoboj in Croatien und Aix in der Provence. Merkwürdig ist bei dieser Classe, dass zwar, mit Ausnahme einiger schmarotzender Ordnungen, alle grösseren Ordnungen vertreten sind, aber in durchaus abweichendem Verhältniss, so zwar, dass die Insecten ohne Metamorphose (*Ametabola*), welche jetzt nur ein Zehntheil der gesammten Insectenzahl ausmachen, in der Tertiärzeit noch ein Drittheil der bekannten Arten ausmachen und die Insecten mit Metamorphose (*Metabola*), jetzt neun Zehntheile der Gesammtzahl betragend, damals nur höchstens zwei Drittheile ausmachten — ein Verhältniss, welches im Jura und der Kohlenzeit noch auffallender ist.

Unter den einzelnen Familien tertiärer Insecten zeichnen sich besonders die Cicaden, Schaum-Cicaden (*Cercopis*) und Wanzen, die Libellen und vor Allem die Termiten aus, welche jetzt in unseren Klimaten nicht mehr leben, in Radoboj und Oeningen aber sehr häufig waren; dann kommen Heuschrecken, Fliegen (mehr Langhörner als Kurzhörner, was ebenfalls das umgekehrte Verhältniss wie in der Jetztwelt ist); ausserordentlich viele Ameisen, von denen man aus Radoboj und Oenin-

gen allein mehr Arten (66 Species) kennt, als in der Jetztwelt in ganz Europa vorkommen (nur 40 Species), dagegen nur sehr wenige Schmetterlinge, Grabwespen, Bienen und Käfer, unter denen wieder die Holzkäfer und namentlich die Prachtkäfer (Buprestiden) vorwiegen. Es spricht die ganze Insectenbevölkerung für die Existenz dunkler, morastiger Wälder mit tropischem Klima — denn die meisten Formen entsprechen brasilianischen oder ostindischen Arten, die solche Standorte lieben.

Zu den charakteristischen Versteinerungen der meerischen Tertiärgebilde gehören die verschiedenen Haifisch- und Rochenzähne, die man überall in grosser Anzahl findet und deren Arten ziemlich leicht zu unterscheiden sind. §. 838.

Die Notidanen, Fig. 584, haben breite Zähne mit vielen Spitzen, die auf einer einzigen Wurzel stehen und unter welchen meist die vordere Spitze die grössere ist, während die hinteren allmälig abnehmen. Die lebenden Notidanen lassen sich leicht an der grösseren Zahl ihrer Kiemenspalten (6 bis 7), sowie an ihrer einfachen Rückenflosse erkennen; die fossilen dagegen sind zuweilen ziemlich schwer zu unterscheiden, obgleich die hier abgebildete Form äusserst charakteristisch ist.

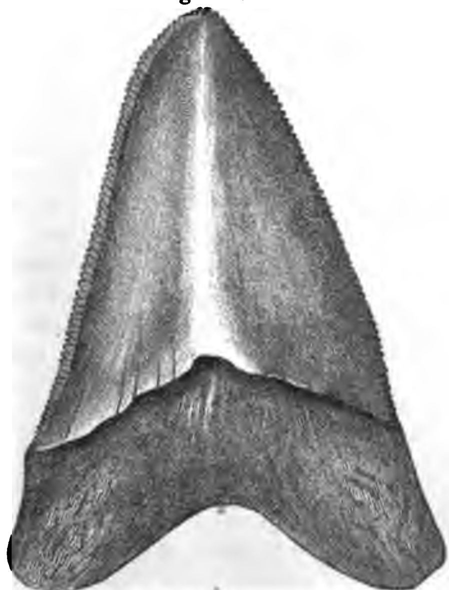
Fig. 584.



Notidanus primigenius. Aus der Molasse.

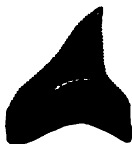
Die Zähne der Carcharodonten, Fig. 585, 586, sind dreieckig, platt, scharf an beiden Rändern und gekerbt wie der abgenutzte Zahnrand einer Säge; ihre Wurzel ist schwammig, meist hoch und platt, unten ausgeschweift; der Zahn ist innen massiv, mit schwammigem Zahngewebe erfüllt. Die Zähne einiger Arten dieses Geschlechtes sind von ungemeiner Grösse

Fig. 585.



Carcharodon megalodon. Aus der Molasse.

Fig. 586.

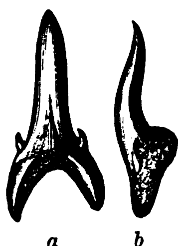


Carcharias productus. Aus den Faluns.

und lassen auf räuberische Haifische von 30 und mehr Fuss Länge schliessen.

Die Lamna-Arten haben lange, schmale, meist etwas gebogene Zähne, die man früher als versteinerte Vogel- oder Schlangenzungen deutete; eine zweischenkelige, lange, stark ausgeschweifte Wurzel, platte, schneidende Ränder und feine Nebenzacken an der Wurzel. Die Zähne sind massiv, mit schwammigem Zahngewebe erfüllt (Fig. 587).

Fig. 587.



a b
Lamna Hopei.
Aus dem Londonthone.
a Von vorn. *b* Von der Seite.

Fig 588.



Otodus obliquus.
Aus dem Grobkalke.

Fig. 589.



Oxyrhina xiphodon.
Aus den Faluns.

Die Otodus-Arten unterscheiden sich von den ächten Lamnen nur dadurch, dass die Zähne breiter, dreieckig und die Nebenzacken sehr dick sind, Fig. 588, während auf der anderen Seite die Oxyrhinen platte, schneidende, zungenförmige Zähne ohne Nebenzacken besitzen (Fig. 589).

§. 839. Unter den Rochen zeichnen zich die Myliobaten, Fig. 590, durch ihre breiten Zahnladen aus, die aus einzelnen Querbändern zusammengesetzt sind, welche zur Seite kleinere, vier- oder sechseckige, wie Pflasterstücke eingesetzte Nebenkronen haben. Das Ganze bildet eine breite, etwas gewölbte Kauplatte auf jedem Kiefer. Sie kommen nur in tertiären Gebilden vor, nicht in älteren Formationen.

Fig. 590.

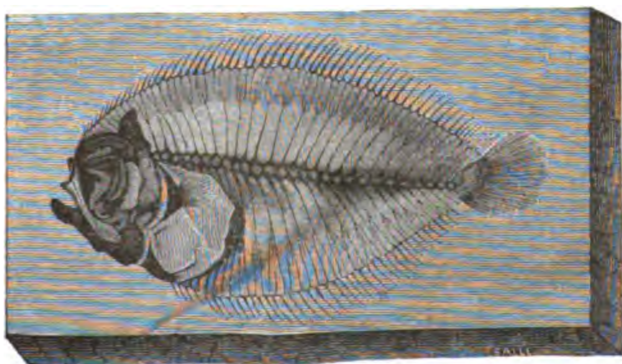


Myliobatus punctatus.
Aus dem Londonthone.

§. 840. Die Fische von Monte Bolca bei Verona, welche bis jetzt bekannt sind, begreifen nahe an zweihundert Arten aus den verschiedensten Geschlechtern. Sämmtliche Arten ohne Ausnahme sind ausgestor-

ben; von den Geschlechtern haben die meisten noch lebende Repräsentanten. Alle gefundenen Reste gehören Seefischen an; man hat noch keinen einzigen Süsswasserfisch in diesen Schiefern entdeckt. Am reichlichsten sind folgende Familien bedacht: die Percoiden oder barschartigen Fische mit starken Stacheln in der Rückenflosse, gezähneltem Vorkiemendeckel und gezähnelten Schuppen; die Schuppenflosser oder Bürstenzähnler (Chätodonten), deren analoge Gattungen sich jetzt nur noch in tropischen Meeren finden; die Familie der Thunfische oder Makrelen (Scomberoiden), welche sich meist durch die zahlreichen, einzelstehenden Flossen auf dem Rücken und starke kegelförmige Zähne unterscheiden; die heringsartigen Fische mit grossen platten Schuppen und eigenthümlich gebautem Maule (Clupeiden), und endlich die Sparoiden, mit rundlichen niedrigen Mahlzähnen im hinteren Theile des Maules, welche zum Kauen von Schalthieren und Crustaceen bestimmt sind. Ziemlich häufig sind auch die sogenannten Flötenmäuler oder Tabackspfeifen (Aulostomen), Fig. 592, deren Maul in einen eigenthümlichen langen Schnabel ausgezogen ist, an dessen Ende die kleine klappenartig sich schliessende Mundöffnung angebracht ist. Im Allgemeinen trägt die Fauna des Monte Bolca einen durchaus südlichen Charakter, etwa demjenigen der Südsee oder des chinesischen Meeres ähnlich; und es scheint dort eine ruhige Bucht bestanden zu haben, in welcher vielleicht durch Ausströmung oder sonstige Bildung vergiftender Gase, wie namentlich von Schwefelwasserstoff, eine Menge Fische ihren Tod fanden, die nachher in dem feinen Niederschlage eingebettet und wunderbar schön erhalten wurden. Die Fische des Monte Bolca stehen bis jetzt einzig da; noch keine einzige der dort aufgefundenen Species ist anderswo entdeckt worden; der Charakter der Pflanzen lässt indess die dortigen Schiefer in Parallele mit dem Nummulitengesteine bringen. Die hier abgebildeten Species Fig. 591 — 594 a. f. S. sollen besonders

Fig. 591.



Rhombus minimus. Vom Monte Bolca

dazu dienen, die südliche Form der Fische dieser Localität zu veranschaulichen; die analogen Arten beider leben in den tropischen Meeren; einzelne Arten besonders hervorzuheben, erscheint bei der Beschränkung des Fundortes unnöthig.

Fig. 592.



Aulostoma bolcense.

Fig. 593.

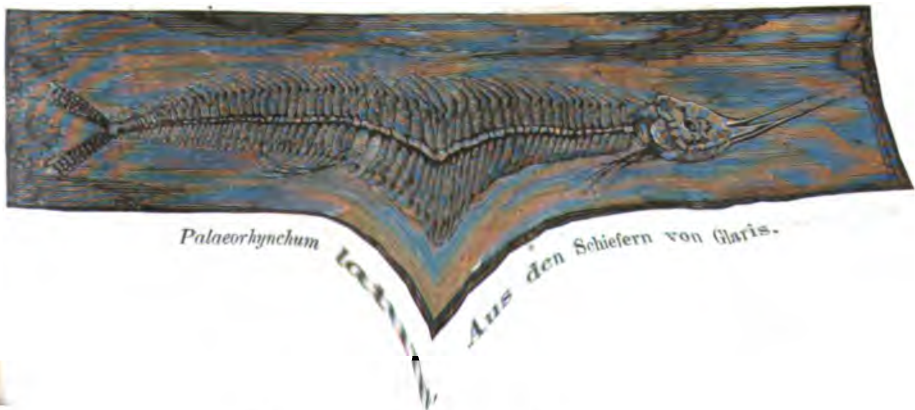
Platax altissimus. Vom Monte Bolca.



Semiophorus velicans.

von fossilen Fischen enthalten, finden sich mehre eigenthümliche Geschlechter, von denen wir hier nur die Paläorhynchen erwähnen wollen, Fig. 595. Es sind dies lange, gestreckte Fische aus der Familie der Scomberoiden (Thunfische), die einen langen, dünnen Schnabel besitzen, dessen beide Kieferhälften von gleicher Länge sind. Der übrige

Fig. 595.



Palaeorhynchum latum. Aus den Schiefern von Glaris.

Kopf ist klein; die Rückenflosse geht vom Nacken bis zum Schwanze, die Schwanzflosse ist tief getheilt; die Bauchflossen liegen an der Kehle. Es giebt mehre Arten dieses sonderbaren Fischgeschlechts in Glaris.

Eine bekannte Localität für fossile Fische sind auch noch die jüngeren Tertiärschiefer von Aix in der Provence, in welchen sich die Abdrücke eines kleinen Fisches in Unzahl finden, welcher der Gattung *Lebias* und der Familie der Zahnkarpfen angehört, welche heut zu Tage nur noch in südlichen Gegenden repräsentirt ist (Fig. 596).

Fig. 596.



Lebias cephalotes. Von Aix.

§. 842. Die Reptilien der tertiären Periode stehen denjenigen der heutigen Welt ungemein nahe. Man findet Crocodile, Fig. 597, Eidechsen,

Fig. 597.



Vorderer Theil des Oberkiefers eines Alligators. Von der Insel Wight.

Schlangen, Fig. 598, Schildkröten, froschartige Thiere, die alle mehr oder minder den bekannten Typen sich anschliessen. Unter den frosch-

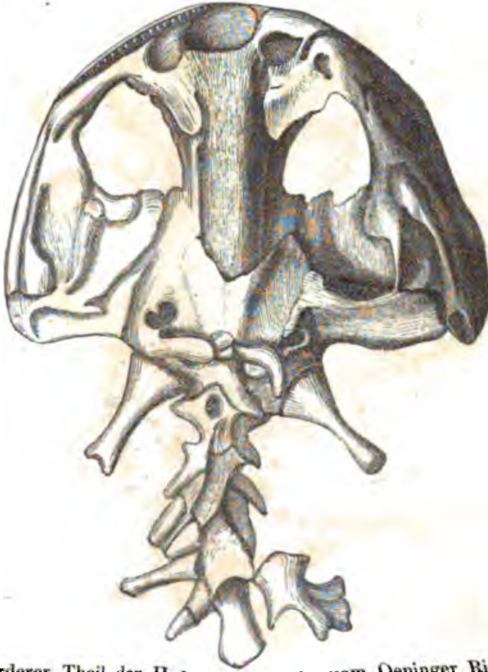


Palaeophis toliapicus.

Einige Rückenwirbel einer Schlange aus dem Londonthone der Insel Sheppey.

nerter Mensch bezeichnete Riesensalamander von Oeningen, Fig. 599, 600, besondere Auszeichnung; — ein mehr als 3 Fuss langes Thier,

Fig. 599.



Kopf und vorderer Theil der Halswirbelsäule vom Oeninger Riesensalamander; stärker vergrössert (*Andrias Scheuchzeri*).

welches den salamanderartigen Thieren mit bleibenden Kiemen in seiner Knochenstructur sich nähert. Die grossen Augenhöhlen, das weite, im Bogen den ganzen Kopf umfassende, mit vielen kleinen, spitzen

Zähnen besetzte Maul lassen sogleich den Salamander in ihm erkennen. Die Füsse dieser Thiere waren sehr klein, der Schwanz breit zu einer Ruderflosse zusammengedrückt; die Rippen sehr unbedeutend.

Fig. 600.



Platte mit einem Abdrucke von *Andrias Scheuchzeri* Kopf, Vorderfüsse und Rückenwirbelsäule sind erhalten.

§. 843. Der Abdruck eines noch unbestimmten Vogels von Montmartre



Platte mit einem Abdrucke, der dem Eisvogel (*Alcedo*) nahe kommt.

Da mit Ausnahme der wenigen kleinen Kiefer, welche man in Stonesfield in jurassischen Gebilden entdeckt hat, Säugethierüberreste nur in Tertiärschichten bis jetzt gefunden worden sind, so erlangt die Betrachtung dieser Classe bei den Tertiärgebilden ein ganz besonderes Interesse. Wir betrachten zuerst hier die hauptsächlichsten Formen, um dann später auf die Ausbildung derselben in die verschiedenen Epochen der Tertiärzeit einzugehen. §. 844.

Die Beutelthiere und die noch tiefer stehenden Cloakenthiere bilden die niedrigste Stufe der Säugethiere und sind in der Jetztwelt hauptsächlich auf Neuholland, die Sundainseln und das tropische Amerika beschränkt. Im Ganzen zeigten dieselben eine ähnliche Verbreitung in der Tertiärzeit, indem man in Neuholland und Neusüdwales schon eine ziemliche Menge von Arten nagender, früchtefressender und fleischfressender Beutelthiere gefunden hat. Eine Ausnahme hiervon machen die Beutelratten (*Didelphys*), welche auch jetzt am weitesten gegen Norden hin gehen und namentlich in den südlichen Staaten der amerikanischen Union verbreitet sind. Cuvier schon fand das fast vollständige Skelett einer Beutelratte in dem Gypse von Montmartre und seit dieser Zeit sind an mehren Orten besonders Kieferfragmente solcher Thiere nachgewiesen worden. Besonders deutlich ist die Versteinerung von Montmartre charakterisirt, da Cuvier dort die beiden Beutelknochen loslegen konnte, welche bei allen Thieren dieser Unterclasse auf den Schambeinen aufsitzen und einen ihrer wesentlichsten Charaktere bilden.

Unter den gewöhnlichen Säugethieren bildet die Ordnung der §.
Walthiere (*Cetacea*) wohl die unterste Stufe. Ausser den Ueberresten

gewöhnlicher Walfische und pflanzenfressender Cetaceen, welche man in verschiedenen Schichten gefunden hat, wurde besonderes Interesse durch die Entdeckung von Ueberresten höchst eigenthümlicher Art erregt, welche eine Zwischenstellung zwischen den Walthieren einerseits und den Robben andererseits einnehmen.

Fig. 602.

Restauration von *Zeuglodon macrospondylus.*

Die Unterordnung der Doppelzähner (*Zeuglodonta*), Fig. 602 und 603, wird bis jetzt nur durch ein riesenmässiges fossiles Thier vertreten, dessen einzeln gefundene Zähne man anfangs zwar für Zähne einer riesenmässigen Eidechse hielt, die später aber als Säugethierzähne erkannt wurden, was sich durch die Entdeckung des fast vollständigen Skelettes in Alabama bestätigte. Es gehörte eine für unsere Zeit ziemlich beispiellose Verirrung dazu, um auch nach der Entdeckung dieses Skelettes die Reptiliennatur des Thieres freilich nur für Augenblicke behaupten zu können. Die Wirbel dieses Skelettes, das wohl eine Länge von 50 Fuss erreichen mag, sowie der ganze Schädel mit der eigenthümlichen Bildung der Felsenbeine und der Gesichtsknochen tragen vollständig den Charakter der ächten Walthiere, während die Bezahnung namentlich einen Uebergang zu den fleischfressenden Robben macht, worauf auch der lange, schlanke Hals und der

Fig. 603.





Kopf und Unterkiefer von der Seite.

verhältnissmässig kleine, kurze Kopf deuten. Die Zähne sind zweiwurzelig und die scharfen Kronen in der Mitte von beiden Seiten her durch verticale Furchen so eingeschnürt, dass es fast aussieht, als wäre jeder Zahn aus zwei Zähnen zusammengesetzt, die an der Basis der Krone durch eine schmale Brücke mit einander verbunden wären. Die vorderen Extremitäten des Thieres waren flossenförmig, während die hinteren vielleicht fehlen, so dass es sich also auch hierdurch den Walen anschliesst, von denen es sich indess noch durch den verhältnissmässig kleinen Kopf und den verlängerten Hals unterscheidet. *Zeuglodon* (*Basilosaurus*, *Hydrarchos*).

Die Dinotherien, Fig. 604 und 605, bilden ein eigenthümliches §. 846.
Geschlecht fossiler Säugethiere von monströser Grösse, über deren eigentliche Stellung man noch nicht einig ist, indem die Einen sie den grasfressenden Cetaceen, dem Dugong und den Seekühen, die Anderen den dickhäutigen Säugethieren und namentlich den Mastodonten nähern. Mit Gewissheit kennt man von diesem Thiere bis jetzt nur den ganzen Kopf, von welchem ein fast vollständiges Exemplar in dem Rheinsande bei Eppelsheim gefunden wurde. Das Hinterhaupt ist abgeplattet, die Nasenhöhlen in eine gewaltig grosse, auf der oberen Fläche befindliche Oeffnung zusammengeschmolzen; die Unteraugenhöhlenlöcher von verhältnissmässig sehr bedeutender Grösse, so dass man mit ziemlicher Sicherheit auf die Existenz eines Rüssels schliessen kann. Die Schläfengruben, in welchen die Kaumuskeln liegen, sind sehr tief, die Jochbeine schwach, die Augenhöhlen breit nach hinten geöffnet; die Gelenkköpfe für den ersten Nackenwirbel stehen horizontal nach hinten hinaus. Im Oberkiefer sowohl als im Unterkiefer finden sich jederseits fünf Backenzähne, so dass demnach das Thier zwanzig Backenzähne besass, die dadurch ausgezeichnet sind, dass ihre Kronen zwei (nur der mittlere Backenzahn drei) schneidende Querrücken besitzen, deren Schneiden gekerbt sind und die beim Schliessen des Mundes in einander greifen. Am merkwürdigsten verhält sich der Unterkiefer. Dieser ist nämlich nach unten gekrümmt und enthält in seinem vorderen Ende zwei gewaltige, säbelförmig nach unten gebogene

Fig. 604.



Kopf des *Dinotherium giganteum*, sehr stark verkleinert; von der Seite.

Fig. 605.



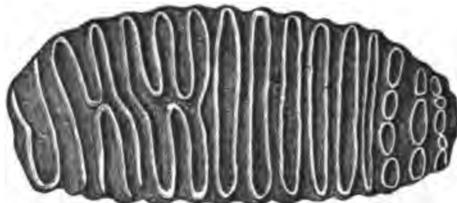
Sehr verkleinerter Backenzahn desselben Thieres von der Krone aus gesehen.

Stosszähne. Die Backenzähne des Dinotheriums gleichen am meisten denen des Tapirs, und Cuvier, der anfangs nur diese Zähne kannte, schrieb sie ohne Bedenken einem riesigen Tapir zu; indessen haben sie auch Aehnlichkeit mit denen des Lamantins. Der horizontale Gelenkkopf des Hinterhauptes scheint für ein Wasserthier zu sprechen, während andererseits die Aehnlichkeit der Zähne mit denen des Tapirs, sowie das Verhalten der Stosszähne beim Mastodon, die ebenfalls im Unterkiefer sitzen und gerade nach vorn gerichtet sind, das Dinotherium in die Nähe dieser Pachydermen zu stellen scheint.

§. 847. Die Ordnung der Dickhäuter (*Pachydermata*) ist namentlich in den unteren Tertiärgebilden ausserordentlich ausgiebig vertreten und bietet hier selbst Formen und Familien, die in der jetzigen Zeit nicht mehr vorkommen.

Die osteologischen Charaktere der Elephanten, nach denen allein die fossilen Reste dieser Thiere bestimmt werden können, sind äusserst leicht festzustellen und so hervortretend, dass Verwechselungen unmöglich sind. Die Backenzähne dieser Thiere, Fig. 606, sind aus senkrechten Blättern oder Lamellen zusammengesetzt, welche aus Zahnsubstanz mit umgebendem Schmelz bestehen und durch ein eigenthümliches Cäment mit einander verkittet sind. Es finden sich nie mehr als zwei solcher Zähne in jeder Kieferhälfte, oft nur einer; die Zähne ersetzen sich von hinten nach vorn, indem nach der Abnutzung des vorderen der hintere an die Stelle tritt. Je älter das Thier, desto mehr Lamellen haben die Backenzähne. Die Form dieser Lamellen, die bald rautenförmig, bald oval, oder selbst schlangenförmig gewunden sind, bietet äusserst bestimmte Kennzeichen für die Art dar. Die Stosszähne sind ebenfalls charakteristisch für die Elephanten, und nicht minder die zellige blasige Beschaffenheit der Schädelknochen.

Fig. 606.



Backenzahn von *Elephas primigenius*. Von der Kaufläche aus gesehen.

Man hat bis jetzt eine Menge fossiler Elephantenknochen in allen Theilen der Erde gefunden; kein Land ist aber so reich daran, als Sibirien und Nordasien überhaupt, wo der Boden wirklich von Elephantenknochen durchsäet ist und mit dem fossilen Elfenbein ein ansehnlicher Handel getrieben wird. Merkwürdiger Weise hat man auch schon Cadaver solcher fossilen Elephanten oder Mammuthe mit Fleisch und Haar sehr wohlerhalten in dem Polareise Sibiriens an den Ufern der Lena gefunden und sich überzeugen können, dass das Mammuth mit

einer Art Wolle bedeckt war, unter welche steife, stracke Haare gemischt waren. Offenbar scheint demnach der fossile Elephant Sibiriens auf ein rauheres Klima angewiesen gewesen zu sein, als die jetzigen Elephanten, die keine solche Hautbedeckung haben.



Fig. 607. Skelett des Mammuth (*Elephas primigenius*).

Den Elephanten nahe stehen die Mastodonten, ein durchaus ausgestorbenes Geschlecht, das ebenfalls den gewölbten, zelligen Schädel mit den Höhlenräumen in den Knochen, die grossen Stosszähne im Oberkiefer und wahrscheinlich auch den Rüssel besass. Die Backenzähne finden sich aber in grösserer Anzahl, von einem bis zu vieren in jeder Kieferhälfte, so dass also das Mastodon sechzehn Backenzähne besitzen konnte, während beim Elephanten die Gesammtzahl nicht über acht steigen kann. Die Krone besteht aus einer Menge von zitzenför- §. 848

migen, spitzen Hügeln, die in Querreihen geordnet sind und, wenn sie sich abnutzen, rundliche oder ovale, ebenfalls quergereihte Abnutzungsflächen lassen. Die jungen Mastodonten besassen ohne Zweifel in jeder Unterkieferhälfte einen verhältnissmässig grossen, gerade nach vorn gerichteten Stosszahn, der, wie es scheint, auch bei einigen Arten im Alter blieb. Nach anderen Beobachtungen ist es wahrscheinlich, dass nur der rechte Stosszahn im Unterkiefer bei den Männchen, nicht aber bei den Weibchen blieb. Man kennt mehre gewisse und viele sehr zweifelhafte Arten des Geschlechtes. (Fig. 608 und 609.)

Fig. 608.



Backenzahn von *Mastodon australis*. Von der Seite gesehen.

Fig. 609.



Derselbe von der Krone aus.

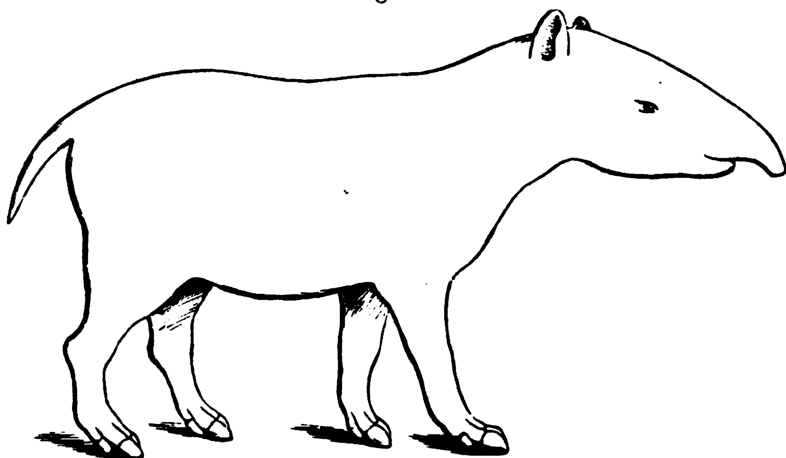
§. 849. Den Rüsselträgern stehen am nächsten die Tapire, die nur einen kurzen, beweglichen Rüssel und meist quer gejochte Zähne besitzen, vor welchen ein kurzer, unbedeutend entwickelter Eckzahn steht. Die Thiere leben hauptsächlich in sumpfigen Wäldern und, wie die meisten Dickhäuter, in Trupps zusammen.

Eines der bezeichnendsten Säugethiergeschlechter für die mittlere Tertiärperiode ist das Genus *Lophiodon*, das fast nur durch seine Zähne bekannt ist, die denen des Tapirs sehr nahe stehen. Sie haben im Ganzen zweiundvierzig Zähne, nämlich zwölf Schneidezähne, vier Eckzähne und vierzehn Backenzähne im Oberkiefer, während nur zwölf Backenzähne im Unterkiefer stehen. Die Zähne weichen nur durch geringe Modificationen, auf welche einzugehen hier zu weit führen würde, von den Tapiren ab. Man kennt jetzt schon eine Menge Arten, meist aus den mittleren Tertiärschichten; — die Grösse der bedeutendsten Art erreicht fast die eines kleinen Nashornes.

§. 850. Die Paläotherien, Fig. 610, bilden ein in dem Grobkalke sehr häufig vorkommendes Geschlecht, von dem man schon mit Bestimmtheit mehre Arten unterschieden hat. Diese Thiere scheinen eine Art Mittelglied zwischen Nashorn und Tapir zu bilden. Mit den letzteren

kommen sie durch ihre erhabenen, abstehenden Nasenbeine überein, welche auf die Existenz eines kurzen, beweglichen Rüssels schliessen

Fig. 610.



Umriss des *Palaeotherium magnum*. Aus den Gypsbrüchen von Montmartre, nach der Restauration von Cuvier.

lassen, sowie durch ihre Schneide- und Eckzähne und ihre gesammte Körperform, während die Backenzähne mehr dem Typus des Nashornes sich nähern. Sie hatten vierundvierzig Zähne im Ganzen; nämlich in jeder Kieferhälfte, oben wie unten, drei Schneidezähne, einen Eckzahn und sieben Backenzähne. Die Schneidezähne sind meist abgenutzt, keilförmig, oben platt; die Eckzähne lang, zugespitzt, gebogen; die oberen Backenzähne sind viereckig, die unteren schmal, aus zwei halbmondförmigen Prismen zusammengesetzt. Vorder- und Hinterfüsse hatten drei, fast gleichlange Zehen; der Schwanz war kurz; die Augenhöhlen klein, kaum von der Schläfengrube geschieden; das Hinterhaupt stark nach hinten vorstehend.

Je nach der verschiedenen Grösse der Reste hat man mehre Arten unterschieden. Das grösste Paläotherium war etwa so hoch wie ein starkes Pferd, aber mit massiveren Formen; das kleinste hatte etwa die Grösse eines Hasen.

Die Flusspferde, welche wohl die plumpsten aller Dickhäuter §. 851
sind, haben häufig Reste in den oberen Schichten hinterlassen, die sich durch die kegelförmigen, wagerechten Schneidezähne, die säbelförmigen Eckzähne und die fast viereckigen Backenzähne unterscheiden, die mit doppelten in Längsreihen gestellten dreiseitigen Kegelhöckern versehen sind, welche bei der Abnutzung kleeblattähnliche Zeichnungen bilden.

§. 852. Die **Nashörner**, von denen man wohlerhaltene Cadaver im sibirischen Eise gefunden hat, die mit langen Haaren bedeckt waren, ganz sowie das sibirische Mammuth; — die Nashörner bieten in ihrer Bezahnung, Schädelform und Gliederstructur so viel Eigenthümliches dar, dass sie als ausgezeichnete Leiter für die obersten Tertiärgebilde dienen können, in welchen sie bis jetzt fast allein gefunden wurden. Die Eckzähne fehlen den Nashörnern, Schneidezähne finden sich keine oder zwei, Backenzähne sieben in jeder Kieferhälfte. Jeder Backenzahn hat eine eigenthümliche Gestalt, die leicht zu erkennen ist. Der lange Schädel hat eine pyramidalische Form und zeichnet sich durch die zu einem Wulste vereinigten Nasenbeine aus, auf welchen die der Haut angehörigen Hörner sitzen. Eine fossile, sehr häufig vorkommende Art, *Rhinoceros tichorhinus*, Fig. 611, die erstaunlich grosse Hörner hatte,

Fig. 611.



Schädel von *Rhinoceros tichorhinus*. Aus dem sibirischen Sande.

besitzt eine knöcherne Nasenscheidewand, die dem Horne noch einen festeren Stützpunkt verleiht. Ungegründete Phantasien alterthumseliger Mährchenliebhaber hatten aus den fossilen Rhinoceroshörnern Klauen des Vogels Greif oder des Vogels Rock gemacht, der in Tausend und eine Nacht eine so bedeutende Rolle spielt.

§. 853. Mit den Paläotherien kommen an denselben Fundorten die **Anoplotherien**, Fig. 612, vor, welche leichtere, gefälligere Formen und keinen Rüssel hatten, sonst aber den Paläotherien sich in mancher Beziehung näherten. Sie hatten ebenso viel Zähne wie diese, aber mit dem Unterschiede, dass nirgends eine Zahnlücke vorhanden war, sondern alle eine ununterbrochene Reihe, wie beim Menschen und den Affen, bildeten. Die Eckzähne sind klein, nicht vorstehend, wie bei den Paläotherien; die Backenzähne des Oberkiefers vorn zusammengedrückt, hinten quadratisch; die des Unterkiefers aus zwei halbmondförmigen Prismen gebildet. Die Füsse hatten nur zwei vollständige Zehen und bei einigen Arten eine dritte unvollständige. Der Schwanz war lang und dick.

die Nasenknochen lassen weder auf einen Rüssel noch auf ein Horn schliessen.

Fig. 612.



Restauration von *Anoplotherium commune*. Aus dem Gypse von Montmartre.

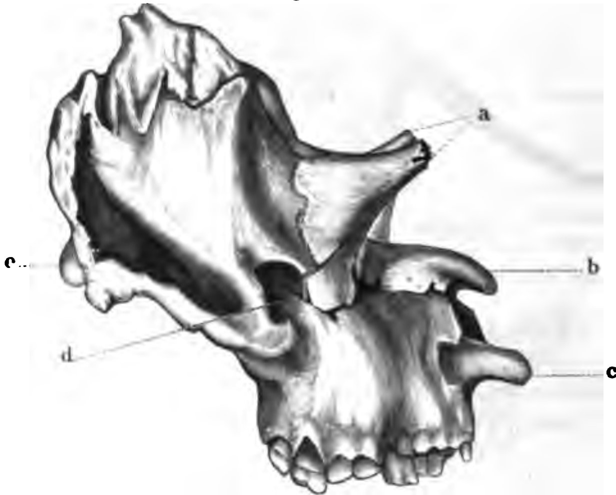
Den eigentlichen Anoplotherien stehen sehr nahe die Xiphodonarten, die leichte Formen, wie ein Reh oder eine Gazelle, und einen kurzen Schwanz hatten, sowie die Dichobunen, welche die Grösse des Hasen und wie dieser lange Hinterfüsse und kurze Vorderfüsse besassen.

Die Ordnung der Wiederkäuer, welche erst in den späteren Tertiärschichten zahlreich vertreten ist, zeichnet sich neben der eigenthümlichen Bildung ihres Magens auch durch die Anordnung ihrer Zähne aus, indem in dem Zwischenkiefer die Schneidezähne fast immer fehlen und durch einen harten schwieligen Wulst ersetzt sind, gegen welchen 6 — 8 lange, meisselartig schief nach aussen gerichtete Schneidezähne wirken. Diese sind durch eine lange Zahnlücke von den prismatischen Backenzähnen getrennt, welche stets eine quere Kaufläche mit zwei Paaren halbmondförmiger Schmelzfalten zeigen, die der Länge nach gestellt sind und deren Convexität im Unterkiefer nach aussen, im Oberkiefer nach innen schaut. §. 854.

Das Sivatherium, Fig. 613 a. f. S., war zur Tertiärzeit ein Bewohner der Vorgebirge des Himalaya. Es war offenbar ein wiederkäuendes Thier. Der Kopf, den man bis jetzt einzig kennt, hat die Grösse eines Elephantenkopfes, und wie bei diesem ist das Knochengewebe der Stirn und des Hinterkopfes zellig aufgetrieben. Das Gesicht fällt steil ab; die Nasenknochen erheben sich bedeutend, wölben sich über der Nasenhöhle und bilden eine Spitze über derselben; — eine Structur, aus welcher man auf das Vorhandensein eines Rüssels schliessen darf. Auf dem hinteren Theile der Stirn stehen zwei dicke, kurze, massive Hörner; auf der Augenbraungegend, zwischen den Augenhöhlen, zwei andere weit grössere, seitlich von einander weichende Hörner, was dem Kopfe ein höchst eigenthümliches Ansehen giebt. Die

Augenhöhlen sind klein, schief und sehr tief liegend; das Hinterhaupt seitlich flügelförmig ausgebreitet. Es finden sich sechs Backenzähne, die durchaus denjenigen der Wiederkäuer gleichen.

Fig. 613.



Kopf des *Sivatherium giganteum.* Von der Seite.
a Stirnhörner. *b* Nasenbeine *c* Zwischenkiefer. *d* Augenhöhle *e* Hinterhauptsgelenk.

Das Thier, dem dieser seltsame vierhörnige Kopf angehörte, hatte offenbar wenigstens die Grösse des Elephanten und massive, schwerfällige Formen.

§. 855. Die Familie der Hirsche zeichnet sich besonders durch die Geweihe aus, welche alljährlich sich neu aufsetzen und auf einem besonderen Knochenzapfen des Stirnbeines ruhen, der nach oben einen Kranz bildet. Ausser kleinen zierlichen Arten, welche die Gattung *Palaeomeryx* bildeten, finden sich namentlich in den Torfmooren von Irland Ueberreste einer jetzt ausgestorbenen Hirschart, die offenbar noch mit dem Menschen zusammenlebte und sich durch ihre ungeheuren Geweihe auszeichnete, die in der Form einigermaassen denen des Damhirsches gleichen. (Fig. 614.)

§. 856. Die in der jetzigen Schöpfung ausschliesslich auf Südamerika beschränkten Gürtelthiere, die eine sehr bestimmte Familie der Zahnlosen (Edentaten) ausmachen, fehlten in der Tertiärzeit auch in Europa nicht. In Südamerika selbst waren sie durch einige gigantische Geschlechter vertreten, unter welchen die Glyptodon-Arten, Fig. 615, jetzt am vollständigsten bekannt sind. Diese Thiere, deren Panzer allein (Kopf und Schwanz ungerechnet) fast 6 Fuss Länge erreichte, hatten schwere, plumpe Füsse mit plattgedrückten, kurzen Zehengliedern, weder Schneide-

noch Eckzähne (wie alle Zahnlosen), aber acht Backenzähne in jedem Kiefer, die eine sehr eigenthümliche Structur haben; ihr Panzer war aus sechseckigen Schildern zusammengesetzt. Die Panzerstücke kennt

Fig. 614.



Restauration des *Cervus megaceros*. Aus den Torfmooren Irlands.

Fig. 615.



Glyptodon clavipes. Aus dem Pampasthone.

man schon seit längerer Zeit; sie waren früher dem Megatherium zugeschrieben worden.

§. 857. Eine durchaus erloschene Familie der Zahnarmen wird von den sogenannten Grossthieren (*Megatherida*) gebildet, die jetzt durch eine zahlreiche Anzahl von Gattungen bekannt sind.

Die Megatherien, Fig. 616, sind durch mehre vollständige Skelette bekannt, welche in Südamerika aufgefunden und in Madrid und London

Fig. 616.



Skelett des *Megatherium Cuvieri*. Aus dem Pampasthone.

aufgestellt wurden. Es waren gewaltige, schwerfällige Thiere, deren Kopf sehr demjenigen des Faulthieres gleicht, indem der Schädel vorn abgestutzt ist. Ihre Grösse stand zwischen derjenigen des Elephanten und des Nashornes mitten inne. Sie haben, wie alle Zahnlosen (Edentaten), weder Schneide- noch Eckzähne; die Backenzähne, achtzehn an der Zahl, zehn oben und acht unten, sind prismatisch, ohne Wurzel, mit flacher, rechtwinkeliger Krone. Der Unterkiefer ist ungemein schwer und massiv; der Jochbogen hat einen grossen, absteigenden Fortsatz, um den gewaltigen Kaumuskeln mehr Raum zum Ansatze zu bieten. Die Schulter ist ungemein stark gebaut; Rabenschnabelbein und Schulterhöhe mit einander verwachsen, das Schlüsselbein sehr stark und dick; der Oberarm unten angeschwollen und breit; die Unterarmknochen frei beweglich um sich selbst; die Füsse gewaltig gross, mit mächtigen Endgliedern an den Zehen, welche scheidenförmig die Basis der gewaltigen, gekrümmten Krallen umschliessen. Das Becken ist ungemein breit, flach, und seine Knochen ausserordentlich dick; die Gelenkhöhle gänzlich nach unten gerichtet, so dass der Oberschenkel senkrecht eingelenkt ist. Der Oberschenkel ist wohl dreimal so breit als der des Elephanten; die Unterschenkelknochen ebenso ungemein breit und kurz — der Fuss breit, tappig, mit einem grossen Nagel am

Daumen bewaffnet. Der Schwanz ist ungemein stark und dick. Man glaubte früher, dass das Megatherium einen Panzer besessen habe in ähnlicher Art, wie die Gürtelthiere; — weitere Untersuchungen haben indess bewiesen, dass die fossilen Panzerstücke nicht ihm, sondern wirklichen gigantischen Armadillen angehörten. Das Megatherium scheint einige Aehnlichkeit in seinen äusseren Formen wie in seiner Lebensweise mit den Faulthieren gehabt zu haben; vielleicht nur mit dem Unterschiede, dass es, statt auf die Bäume zu klettern, dieselben entwurzelte, wozu ihm seine langen, scharfen Nägel, die Beweglichkeit der Hand, das ungeheure Gewicht seines Körpers und der als Stütze brauchbare Schwanz treffliche Dienste leisten mussten.

Die reichen Sandlager des Rio Plata bei Buenos-Ayres haben das §. 858.
vollständige Skelett eines sehr eigenthümlichen Thiergeschlechtes geliefert, von dem man jetzt drei Arten kennt. Die Mylodonten waren ebenso plumpe, unbeholfene, massive Thiere als die Megatherien, mit fünf Backenzähnen in dem Oberkiefer und vier in dem Unterkiefer, mithin achtzehn Zähnen im Ganzen, da ihnen Eck- und Schneidezähne fehlten. Die Füsse dieser Thiere sind alle gleich lang; die vorderen fünfzehig; die hinteren vierzehig; die inneren Finger sind mit grossen, scharfen, gekrümmten Krallen versehen, die beiden äusseren unbewaffnet. Der Schwanz ist kurz, aber beträchtlich breit und massiv. Die Zähne sind einfach, vorn mehr elliptisch, hinten breiter und selbst drei- und viereckig. Die eine Art, deren vollständiges Skelett in London sich befindet, erreicht 9 Fuss Länge (Fig. 617).

Fig. 617.



§. 859. Die Ordnung der Raubthiere (*Carnivora*) zeichnet sich durch ihren kurzen, gedrungenen Schädel, die tiefen Schläfengruben, die hohen Schädelleisten, die breiten Jochbogen, die kleinen Schneidezähne, die meist gekrümmten, dolchartigen Eckzähne und die reissenden, mit spitzen Höckern besetzten Backenzähne besonders aus. Ihre Vertreter finden sich namentlich in den Höhlen in ausserordentlicher Fülle, fehlen aber auch in höheren Perioden der Tertiärzeit nicht.

§. 860. Die Katzen sind ohne allen Zweifel unter den Fleischfressern diejenige Familie, welche vor anderen zu exclusiver Fleischnahrung bestimmt ist. Die Schnauze ist kurz, gedrungen; der Kiefer kurz, kräftig; die Kopfleisten zum Ansatze der Beissmuskeln ungemein entwickelt; die Klauen in eigenen Scheiden zurückziehbar, so dass ihre Schärfe beim Gehen nicht abgenutzt wird. Die Eckzähne sind scharf, messerartig; die Reisszähne sehr gross; die Höckerzähne rudimentär und die wenigen Backenzähne (zwei in jeder Kieferhälfte) ungemein scharf und durchaus nicht zum Kauen geeignet. Die Glieder sind schlank und kräftig zugleich und der ganze Organismus im höchsten Grade vortheilhaft zum Raube eingerichtet. Man kennt namentlich im Diluvium und in den Höhlen mehre Arten von gewaltigen Katzen, die theilweise den Löwen und Tiger an Grösse übertrafen; die merkwürdigste Art ohne Zweifel ist eine neuerdings in Brasilien aufgefundene, Fig. 618,

Fig. 618.



Felis Smilodon. Aus Brasilien.

bei welcher die platten, dolchförmigen, gekrümmten Eckzähne eine ungeheure Länge erreichen, so dass das Unterkiefergelenk kaum Spielraum genug hat, um das Maul so zu öffnen, dass die Zähne nicht über die Unterkiefer weggreifen.

Die hundeartigen Raubthiere, welche keine zurückziehbaren Nägel besitzen, sind in den tertiären Gebilden hauptsächlich durch die Hyänen vertreten, Fig. 619, 620, welche ebenso, wie die Bären, meist Höhlen §. 861.

Fig. 619.



Schädel der *Hyaena spelaea*. Von der Seite.

Fig. 620.



Derselbe von oben.

bewohnten. Der Zahnbau der Hyänen schliesst sich, durch die Beschaffenheit der Backenzähne, besonders an den Typus der ächten Fleischfresser, an die Katzen an, während der Gliederbau sich demjenigen der Hunde nähert. Mit dem räuberischen Instinct Hand in Hand gehen die Länge und Grösse der mittleren Schädelleiste, zu deren beiden Seiten die mächtigen Kaumuskeln sich ansetzen; der kurze, kräftige Unterkiefer; der starke, muskulöse Hals. Die Eckzähne sind gross, stark, messerförmig; die Backenzähne zweilappig, schneidend; der Höckerzahn hat eine mittlere Grösse. Man hat mehre Arten von Hyänen unterschieden und Höhlen gefunden, in welchen sie offenbar die einzigen Bewohner und die übrigen Knochen theilweise nur Reste ihrer Mahlzeiten waren.

Unter den Knochen der Höhlenbewohner stehen diejenigen der Bären vor allen durch Zahl obenan. Manche Höhlen waren durchaus nur von Bären bewohnt, und zwar meist von einer besonderen Art, dem Höhlenbär, *Ursus spelaeus*, Fig. 621 und 622 a. f. S., der sich durch seine bedeutendere Grösse und seinen eigenthümlichen Schädelbau von allen anderen lebenden und fossilen Arten unterscheidet. Die Familie der Bären zeichnet sich vor allen anderen Fleischfressern durch den §. 862.

Umstand aus, dass sie Sohlengänger sind und nicht, wie Hunde oder

Fig. 621.



Schädel des *Ursus spelaeus*. Von der Seite.

Fig. 622.

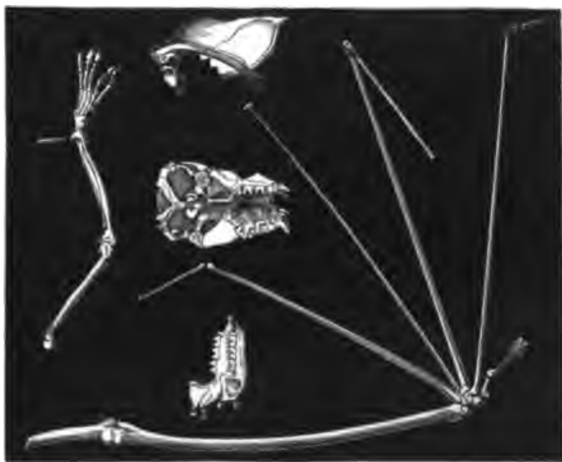


Derselbe von oben.

Katzen, nur mit den Zehen, sondern mit der ganzen Sohle den Boden berühren. Damit vereinigen sich denn plumpere, kürzere Glieder, schwerfällige Bewegungen und geringere Wildheit, indem namentlich die jetzigen Bären auch neben der Fleischnahrung, die sie nicht verschmähen, Früchte und Wurzeln sich zur Nahrung dienen lassen. Auch das Zahnsystem lässt auf diese geringere Wildheit schliessen. Die Eckzähne rägen kaum über die anderen Zähne hervor, sind kurz und dick und mit gewaltig grosser, voluminöser Wurzel versehen, die im Missverhältnisse zu der kleinen Krone steht; der Reisszahn ist nicht sehr entwickelt, höckerig und wenig schneidend; die Backenzähne dick und mit vielen stumpfen Höckerchen besetzt. Die Lückenzähne sind sehr veränderlich in Zahl und Bestand. Im Allgemeinen hält es, eben dieser stumpfen Höcker der Backenzähne und der eigenthümlichen Form der Eckzähne wegen, nicht sehr schwer, diese Zähne und somit die Schädel der fossilen Bären von denen anderer Fleischfresser zu unterscheiden.

Die Fledermäuse (*Chiroptera*) zeichnen sich durch die ungleiche §. 863.
Entwickelung ihrer Extremitäten aus. Die Schlüsselbeine und Schulterblätter sind bedeutend gross und kräftig entwickelt, der Oberarm nur kurz, der Unterarm schon bedeutend länger, und die beiden Knochen, die ihn bilden, vollkommen beweglich und getrennt. Die Handwurzel besteht nur aus einigen kleinen Knöchelchen, ebenso die Mittelhand, auf welche dann die Finger folgen; der Daumen ist nur klein, frei und sein Endglied mit einem scharfen krummen Nagel, mit einer Hakenkralle bewaffnet, an der sie sich aufhängen können. Die Knochen der übrigen vier Finger sind ausserordentlich verlängert, dünn, das letzte Glied vollkommen nagellos; sie dienen zum Spannen der Flughaut, welche bei allen diesen Thieren sehr dünn, fast durchsichtig und mit wenigen schwärzlichen Haaren besetzt ist. Die Hinterfüsse sind gewöhnlich sehr klein, aber kräftig, wohl ausgebildet, fünfzehig und mit scharfen Hakenkrallen bewaffnet, der Schwanz kurz und fehlt oft gänzlich. Wir geben hier die Abbildung einer Platte von Montmartre, auf welcher man den Schädel von unten, das Brustbein und den Unterkiefer von der Seite und die beiden Extremitäten sieht.

Fig. 623.



Vespertilio parisiensis. Aus dem Gypse von Montmartre.

Ueberreste von Nagern finden sich fast in allen Tertiärschichten. §. 864.
Es zeichnen sich diese Thiere bekanntlich durch den cylindrischen, gegen die Schnauze zugespitzten Schädel aus, der vorn mit zwei langen, nach aussen gekrümmten, meisselartigen Schneidezähnen in jeder Kinnlade bewaffnet ist. Die nicht sehr harte Substanz dieser Zähne ist auf ihrer Aussenfläche und nur auf dieser mit ausserordentlich fester, oft gelblich

gefärbter Schmelzlage überzogen, so dass die hintere Fläche durch das Nagen bei Weitem stärker abgenutzt wird und hierdurch den Zähnen, welche aus dem Kiefer heraus beständig nachwachsen, eine meisselartige Zuschärfung stets erhalten bleibt. Hinter diesen ausserordentlich charakteristischen Schneidezähnen stehen weder Eck- noch Lückenzähne, sondern es folgt eine lange Zahnlücke und dann die dichtgeschlossene Reihe der hart an einander gedrängten Backenzähne, welche ebenfalls in ihrer Structur viel Eigenthümliches besitzen. Diese Backenzähne, deren Zahl nie über sechs ansteigt und nicht unter zwei herabsinkt, haben eine prismatische Gestalt und ermangeln meist einer eigentlichen Wurzel. Bei manchen Gattungen bilden sie nur einen einfachen Schmelzcylinder, dessen Inhalt mit Zahnsubstanz erfüllt ist, bei anderen bildet der Schmelz einfache Falten nach innen, die stets in die Quere gerichtet sind und so harte Rippen darstellen, die bei der vor- und rückwärtsgehenden Bewegung der Kiefer, beim Nagen, zum Zermalmen der festeren Futtergegenstände sehr förderlich sind. Zuweilen werden diese Schmelzfalten äusserst complicirt und ausser der vielfach gewundenen äusseren Schmelzlage sieht man dann noch innerlich auf der abgenutzten Mahlfläche, die stets horizontal ist, einzelne abgesonderte Schmelzinseln stehen. Wir geben hier die Abbildung des Unterkiefers einer ausgestorbenen Gattung, Fig. 624, welche den Bibern sehr nahe stand und zur Zeit des Pariser Grobkalkes lebte.

Fig. 624.



Unterkiefer von *Trogontherium Cuvieri*. Von Bacton an der Küste von Norfolk.

§. 865. Ueberreste von Affen, deren Existenz im fossilen Zustande man früher läugnete, sind jetzt an mehren Orten in der alten und neuen Welt, und zwar in ersterer zum Theil in Breitengraden nachgewiesen worden, in welchen sie jetzt nicht mehr vorkommen. Merkwürdiger Weise gehören die fossilen Affen denselben Ordnungen an, in welche die jetzt lebenden Affen nach ihrer Herkunft sich theilen; nämlich diejenigen der alten Welt mit 32 Zähnen, erhabenen Nasenlöchern und dünner Nasenscheidewand,

Fig. 625.



Fossiler Unterkiefer eines Affen (*Pithecus antiquus*). Von Sansans.

und diejenigen der neuen Welt mit 36 Zähnen, platter Nase und breiter Nasenscheidewand.

Die Affen unterscheiden sich durch ihre Knochenreste und ihren Zahnbau leicht von allen anderen Thieren. Die Zähne stehen in einer Reihe dicht neben einander ohne Lücke, wie beim Menschen; die Schneidezähne sind meisselartig schneidend; die Eckzähne conisch, wenig über die anderen erhaben; die Backenzähne mit mehren stumpfen Höckern besetzt. Man hat bis jetzt nur an zwei Orten in Europa Affenreste gefunden: in Sansans bei Auch (Departement du Gers in Südfrankreich) (Fig. 625) und in Kyson in Suffolk, bei 52 Grad nördlicher Breite, während die jetzigen Affen nicht über den 37. Gr. nördlich gehen.

Einiges über Tertiärgebilde im Allgemeinen.

Die grosse Mannigfaltigkeit der Tertiärbildungen musste begreiflicher Weise das Verlangen erregen, dieselben unter einzelne Perioden unterzuordnen. Es ergab sich aus dem Studium dieser Ablagerungen, dass man mehrfache Perioden ihrer Bildung unterscheiden müsse, indem theils die Ueberlagerung mehrer bestimmt geschiedener Bildungen, theils die Vergleichung der darin eingeschlossenen Fossilien Anhaltspunkte gaben, wonach man die Gleichzeitigkeit der räumlich getrennten Formationen bestimmen zu können glaubte. Wir haben oben eine Tabelle gegeben, welche den jetzigen Stand unserer Forschungen in dieser Hinsicht bezeichnet. Auf derselben sind auch die älteren, noch jetzt oft in Gebrauch stehenden Bezeichnungen angegeben, welche durch Lyell besonders eingeführt wurden und wonach man die Tertiärgebilde, bald mit, bald ohne die quaternären Bildungen, in drei Gruppen zertheilte, welche man mit dem Namen eocene, miocene und pliocene Periode belegte. Das Princip dieser Eintheilung wurde namentlich in den Fossilien gesucht, und wenn auch hiergegen Nichts zu erinnern wäre, so wurde doch auf der anderen Seite diese Eintheilung dadurch fehlerhaft, dass man nur das Verhältniss der Fossilien zu den jetzt lebenden Muscheln berücksichtigte. Man nahm als erwiesen an, dass in allen tertiären Ablagerungen fossile Muscheln und Schnecken vorkämen, welche mit den jetzt lebenden durchaus identisch seien, und je nachdem man unter den Muscheln eines Beckens eine mehr oder minder grosse Zahl solcher identischer Muscheln fand, bestimmte man die Periode, welcher dasselbe angehören sollte. Die älteste oder eocene Periode, als deren Typus der Londonthon und der Pariser Grobkalk angenommen wurden, sollte drei Procent lebender Muscheln enthalten, d. h. unter hundert Species sollten sich siebenundneunzig ausgestorbene und drei lebende Species von Mollusken befinden. Als Typen der miocenen Periode galten die oberen Pariser Schichten, von dem Sandsteine von Fontainebleau an, und die Faluns der Tou- §. 866.

raine; — sie sollten 19 bis 26 Procent lebender Muscheln enthalten. Die pliocene Periode endlich, für welche die Subapenninenformation als maassgebendes Beispiel galt, hatte, als die jüngste, die meisten lebenden Muscheln, nämlich 52 Procent, etwas mehr als die Hälfte der Gesammtzahl ihrer Arten. In späterer Zeit fügte man hierzu noch die pleistocene Periode, hauptsächlich die geschichteten quaternären Ablagerungen enthaltend, welche nur wenige ältere Muscheln enthalten und durch Aussterben derselben und Erscheinen anderer ganz in die neuere Zeit übergehen sollten.

§. 867. Das Princip dieser Eintheilung erlitt mancherlei Anfechtung und Widerspruch. Abgesehen davon, dass sich für jedes Becken, ja selbst für jede, durch besondere Modificationen der Küste ausgezeichnete Abtheilung eines jeden Beckens eine specielle Proportionszahl herstellen liess, was dann die Coordination der einzelnen Schichten gänzlich verwirrte, so behaupteten auch einige Forscher von Gewicht geradezu, dass in den Tertiärgebilden keine jetzt noch lebende Muschel fossil vorkomme, sondern dass alle für identisch angesehene Arten von den lebenden specifisch verschieden seien. Sie läugneten deshalb die Aehnlichkeit der fossilen Arten mit den lebenden nicht, glaubten aber durchgreifende Unterschiede aufstellen zu können, wodurch sich solche analoge Arten als bestimmt verschieden erwiesen. Die Entscheidung zwischen so schroff hingestellten Behauptungen, die sich durchaus entgegenstehen, beruht hauptsächlich auf der Art und Weise, wie die einzelnen Forscher den Begriff der Species auffassen; indem die Einen glauben, dass die vorhandenen Verschiedenheiten in das Bereich der Modificationen fallen, welche die Species erleiden kann, während die Anderen die Grenzen dieser Modificationen enger stecken und die bemerkten Unterschiede als Art-Charaktere auffassen. Indessen gingen diejenigen Zoologen, welche, wie Agassiz, behaupteten, dass die einzelnen Tertiärgruppen durchaus scharf geschiedene Faunen hätten und dass selbst in den quaternären Schichten keine mit lebenden Muscheln identische Versteinerungen vorkämen, offenbar in ihren Behauptungen viel zu weit. Nach d'Orbigny, einem der eifrigsten Vertheidiger der für sich abgeschlossenen Faunen innerhalb der geologischen Stockwerke, finden sich zwar in den oberen Tertiärgebilden und in den quaternären Schichten Muscheln, die mit den lebenden identisch sind (wenngleich in weit geringerer Zahl, als Lyell annahm), nicht aber in den unteren und mittleren Tertiärgebilden, und ebenso haben die einzelnen von ihm angenommenen Stockwerke einige Fossilien mit einander gemein, wenngleich in sehr geringer Proportion zu der Gesammtzahl ihrer Versteinerungen, indem von 6000 Arten, die sich in den Tertiärschichten finden, nur etwa 100 in mehren Schichtengruppen oder Stockwerken zusammen gefunden werden.

§. 868. Ueberblickt man die tertiären und quaternären Gebilde in ihrer

Gesammtheit, so ergiebt sich demnach ein sicheres Resultat — dass unsere jetzigen Mittel noch nicht hinreichen, in ähnlicher Weise, wie für ältere Schichtengruppen, durchgreifende Trennungsperioden zu bezeichnen und so die Gleichzeitigkeit der Bildung einzelner Schichtengruppen, die nicht unmittelbar über einander liegend gefunden werden, herzustellen. Die genauere Umgrenzung der Faunen in einzelnen Landstrichen ist hier ebenfalls ein Hinderniss, indem dadurch die Arten, welche über grosse Strecken verbreitet sind, stets mehr und mehr in ihrer Anzahl reducirt werden; — so zwar, dass Tertiärmeere ohne Zusammenhang mit einander bestanden haben können, die, obgleich vollkommen gleichzeitig in ihrer Existenz und ihren Ablagerungen, dennoch nicht eine einzige Art von Versteinerungen mit einander gemein haben — ganz in derselben Weise, wie auch jetzt z. B. Ostsee und Südsee keine Muschelart mit einander gemein besitzen. Wenn nun durch diese locale Umgrenzung der Faunen in der Tertiärzeit die Lösung der Frage über die Gleichzeitigkeit der Absätze verschiedenen Inhaltes schon sehr erschwert wird, so wird durch die Uebergänge einzelner Arten in mehre Stockwerke die Schwierigkeit noch vermehrt.

Schon ist es unmöglich, eine Grenze zwischen quaternären und heutigen Bildungen zu ziehen. Die Nachweisungen Lund's und Claussen's in Brasilien, Schmerling's in Belgien lassen kaum daran zweifeln, dass die ersten Menschen Zeitgenossen einer Thierschöpfung waren, zu welcher die jetzt ausgestorbenen Megatherien, Mammuthe und Mastodonten gehörten, und dass somit eine ununterbrochene Kette bis zu den ältesten Tertiärschichten hinüberleitet, wodurch die sämmtlichen Tertiärgebilde selbst mit der heutigen zu einer Periode vereinigt werden, innerhalb welcher vielfache, aber nie ganz durchgreifende Wechsel der Bevölkerung eintreten.

Der auszeichnende Charakter der Tertiärgebilde liegt besonders §. 869. in den Säugethieren, die hier zuerst massenhaft auftreten. Betrachtet man die Vertheilung der fossilen Säugethiere aus der Tertiärzeit hinsichtlich der Aufeinanderfolge der Schichten, in welchen sie sich finden, so lassen sich folgende Beziehungen herstellen.

In der ältesten Tertiärzeit, während des Absatzes des Grobkalkes und Londonthones, herrschten hauptsächlich eigentliche Dickhäuter vor, welche sämmtlich ausgestorbenen Geschlechtern angehörten. Die Paläotherien, die Anoplotherien mit ihren Untergeschlechtern *Dichobune*, *Xiphodon*, *Adapis*, *Hyracotherium*, *Coryphodon* haben keine lebenden Repräsentanten mehr. Dagegen findet man deren unter den Fleischfressern, Nagern und Handflüglern jener Zeit; — einige Reste werden den Gattungen *Canis*, *Viverra*, *Myoxus*, *Vespertilio* zugeschrieben, obgleich auch hier viele Gattungen, wie *Taxotherium*, *Palaecyon*, *Pterodon* gänzlich ausgestorben sind. Alle diese Thiere gehören zu den kleineren Säugethieren; das *Palaeotherium magnum*, das grösste Land-Säuge-

thier aus der Grobkalkzeit, hatte die Grösse eines Pferdes, und der grösste Fleischfresser übertraf den Wolf an Stärke nicht. Es ist demnach eine durchaus falsche Ansicht, die aus jenen Zeiten herstammt, wo man die Tertiärgebilde noch nicht ihrem Alter nach zu ordnen wusste, wenn man behauptet, die Säugethiere hätten mit gigantischen Formen begonnen. Die Wiederkäuer und Einhufer, die Zahnarmen und Insectenfresser fehlen gänzlich in den älteren Tertiärgebilden; zahlreich vertreten sind aber die Walthiere, indem sowohl Delphine als ächte Walfische gefunden wurden. Merkwürdig ist auch das Vorkommen solcher Ordnungen in Europa, welche jetzt daraus verschwunden sind, wie die der Affen, welche bis in die nördliche Breite von Kent vordrangen, und die der ächten Beutelratten (*Didelphys*), die jetzt mit allen übrigen Beutelthieren auf Australien, die Sunda-Inseln und Süd-Amerika eingeschränkt sind. Wenn diese Thatsache einerseits beweist, dass südliches Klima bis weit unter nördliche Breite sich erstreckte, so deutet sie auch andererseits darauf hin, dass die Verbreitungsbezirke der einzelnen Typen weiter ausgedehnt waren, als sie jetzt erscheinen.

§. 870. In den mittleren Tertiärgebilden werden die Typen zahlreicher, die schon vorhandenen mannigfaltiger. Zu den schon erwähnten Ordnungen kommen Einhufer (*Hippotherium*) und Wiederkäuer (Moschusthiere, Hirsche und Antilopen mit der ausgestorbenen Gattung *Dorcatherium*), ferner Insectenfresser (Igel, Desman, Maulwürfe) und selbst Spuren von Zahnlosen (*Macrotherium*), die jetzt auf die tropischen Gegenden beschränkt sind; — Affen finden sich noch in Frankreich, Fledermäuse überall; die Typen der Fleischfresser sind vermehrt, indem jetzt ächte Katzen, hyänenartige Thiere (*Hyaenodon*, *Harpagodon*), Viverren, Marder, Ottern auftreten. In den Kalken von Weissenau bei Mainz finden sich eine grosse Zahl kleinerer Nager — Murmelthiere, Ziesel, Biber und ausgestorbene Mäusegattungen; die Dickhäuter haben ihren Charakter geändert, indem neben einigen Paläotherium-Arten und Schweinen (*Hyotherium*, *Sus*) Tapire, Lophiodonten, Nashörner und die ausgestorbenen Gattungen Mastodon und Anthracotherium auftreten. In Nordamerika finden wir Robben (*Phoca*) und Walrosse nebst dem Zeuglodon, das den Typus der Wale und Robben verbindet; in Mittel-Europa in den grossen Flussmündungen riesige Sirenen oder pflanzenfressende Wale, wie das Dinotherium und Metaxytherium — endlich auch ächte Wale und Delphine an den Küsten.

§. 871. Raubthiere, Nager, Wiederkäuer und Dickhäuter finden sich besonders in dem oberen Tertiärgebilden zahlreich. Katzen, Hyänen, Hunde, Stinkthiere, Marder, Ottern, Dachse und Bären finden sich in Europa, wenn auch nicht sehr zahlreich, — dann Biber, Wühlmäuse, Stachelschweine, Hasen und Hasenmäuse; Einhufer (Pferd und Hipparion), Moschusthiere, Hirsche, Antilopen, zum ersten Male Ziegen und

Ochsen, während im Himalaya Kameele und das riesige Sivatherium existirt. Eine Menge Schweine und schweinsartiger Thiere (*Chaeropotamus*, *Microchaerus*, *Porcus*, *Calydonius*) zeigen sich nebst Tapiren, Mastodonten, dem Nashorne mit knöcherner Scheidewand (*Rhinoceros tichorhinus*) und den für die obere Tertiärperiode besonders charakteristischen Flusspferden.

In der quaternären Periode endlich erhalten die Fleischfresser eine ungewöhnliche Entwickelung. Nicht nur vermehren sich die Arten und die Individuen derselben, die wir in den Anschwemmungen, den Höhlen und Breccien finden, sondern auch die analogen Arten sind viel grösser und stärker, als in der Jetztwelt. Die Bären, Hyänen treten jetzt erst auf; die Katzen zeigen Arten, welche unsere jetzigen Löwen und Tiger an Grösse übertreffen. Neben diesen gewaltigen Raubthieren zeigen sich jetzt erst Elephanten, Flusspferde, Rhinoceros-Arten eigenthümlicher Gestaltung. Zahlreiche Wiederkäuer, Hirsche, Rehe, Ochsen, Antilopen, eine Menge von kleineren Nagethieren bewohnen mit den Fleischfressern gleichzeitig die Erde, und eine ziemlich bedeutende Anzahl von Phoken, Walfischen und Delphinen durchfurchen das Meer. §. 872.

Die geographische Verbreitung der Thiere während der Tertiärzeit, und namentlich während des Endes derselben, scheint auf den ersten Blick von derjenigen, welche wir heute beobachten, bedeutend abzuweichen. Die Diluvialzeit namentlich fordert hier zu ernsteren Untersuchungen auf, da sie bis jetzt aus allen Ländern grosse Mengen fossiler Reste geliefert hat, während die eocene und miocene Periode nur in Europa gehörig bekannt sind, mithin keine Anhaltspunkte zur Vergleichung bieten. Die Diluvialzeit bietet nun allerdings bedeutende Contraste mit der Jetztwelt. England und das nördliche Europa sind nicht nur von Bären, Pferden, Ochsen und ähnlichen Thieren bewohnt, welche jetzt noch Analogien bieten; sondern auch Hyänen, Löwen, Tiger, Elephanten, Nashörner und ähnliche Thiere, welche jetzt auf dem europäischen Continente nicht mehr vorkommen, finden sich in Menge unter den Knochen des Diluviums. Aehnliche Missverhältnisse bieten sich in Asien dar. Sibirien, das kaum noch einige wenige Thiere des Nordens ernähren kann, war von Elephanten und Nashörnern bewohnt, deren analoge Arten jetzt nur noch in südlichen Zonen vorkommen. §. 873.

Wären demnach die Vergleichungen nur auf die angeführten Länder des europäisch-asiatischen Continentes beschränkt, so müsste man anerkennen, dass die geographische Verbreitung der Säugethiere während der Diluvialzeit durchaus keine Analogie mit derjenigen der Jetztwelt hat. Zieht man aber andere Continente zu Rathe, so stellt sich dieses Uebereinkommen wieder her. Zuerst ist hier freilich als Grundsatz festzuhalten, dass die Abtheilung der alten Welt in drei Continente Europa, Asien und Afrika durchaus unstatthaft erscheint. Die Grenze §. 874.

zwischen Europa und Asien ist auch jetzt eine durchaus willkürliche; — und zwischen Europa und Afrika hat die Natur selbst in historischer Zeit keine solche gezogen. Die meisten Säugethiere und Pflanzen, welche in Nordafrika vorkommen, der Löwe, der Schakal, die Hyäne, der gemeine Affe, das Stachelschwein, das Kameel, die Zwergpalme, sind entweder noch in den südlichen Ländern Europas einheimisch, oder waren es doch in historischen Zeiten, und ihre Entfernung ist nur eine Folge der Civilisation. Eine Grenze zwischen diesen Continenten abzustecken, ist sonach unmöglich, indem die Ufer des Mittelmeeres, in zoologischer Hinsicht, jetzt noch eine einzige Provinz ausmachen, die zu dem europäisch-asiatischen Typus gehört. Es zeigen sich, auf diese Weise betrachtet, drei grosse Länderabtheilungen, die alte Welt, Amerika und Australien, deren Schöpfungen zur Diluvialzeit und im historischen Zeitraume mit einander verglichen werden müssen.

§. 875. Hier zeigt sich denn die merkwürdigste Uebereinstimmung hinsichtlich der Typen, welche in den verschiedenen Faunen dargestellt sind. Die Elephanten, Nashörner, Nilpferde, Hyänen etc. sind auf den europäisch-asiatischen Continent, wie jetzt, auch zur Diluvialzeit beschränkt, und es zeigt sich nur das allgemeine Gesetz, dass alle Typen viel weiter nach Norden gehen, als die ihnen jetzt angewiesenen Grenzen reichen. Die grossen Katzen, die Hyänen gehen bis nach England, während sie in den historischen Zeiten die Küstenländer des Mittelmeeres nicht überschritten; die Elephantenreste bedecken den Boden Sibiriens und der Eismeerküsten. Offenbar konnten solche gewaltige Thiere, wie die Mammuthe und Nashörner, nicht in einem Lande leben, dessen Pflanzenwuchs so ärmlich war, wie derjenige der nordischen Länder; — es ist demnach erwiesen, dass der Continent der alten Welt in seiner nördlichen Hälfte ein wärmeres Klima gehabt haben musste, als jetzt der Fall ist. Indess ist man mit diesen Schlussfolgerungen auch in mancher Beziehung zu weit gegangen, wenn man den Eismeerküsten, einzig auf diese Thatsachen gestützt, ein tropisches Klima zuschreiben wollte; das dichte Wollhaar, womit die Mammuthe bedeckt waren, beweist, dass der diluvianische Elephant für ein weit kälteres Klima geschaffen war, als der jetzt lebende mit seiner kahlen Haut, und jetzt schon gehen die Elephanten in Asien und Südafrika weit über die Grenzen der tropischen Klimate hinaus.

§. 876. Ein durchaus verschiedener Typus zeigt sich in den amerikanischen und neuholländischen Thierresten. Dort, in den Knochenhöhlen Brasiliens und den Thonen der Pampas liegen die Knochen einer Schöpfung, in welcher die zahnlosen Säugethiere, Faulthiere, Gürtelthiere, Megatheriden, Ameisenfresser etc. überwiegen, Typen, welche jetzt nur noch in Amerika angetroffen werden; hier, in Neuholland und Neuseeland, finden sich die Beutelthiere in eigenthümlichen Formen entwickelt, de-

ren analoge Weiterbildung in den jetzt lebenden Bewohnern dieser Landstriche nicht verkannt werden kann.

§. 877. Nur einige wenige Ausnahmen von dem Gesammtbilde dieser schon in der Diluvialzeit ausgeprägten Typen verschiedener Faunen finden sich, die bemerkenswerth sind. Es können hier nicht die Beutelratten erwähnt werden, welche man im Gypse von Montmartre gefunden, — sie gehören einer älteren Zeit an, und es ist vor allen Dingen bei Schilderungen untergegangener Schöpfungen nöthig, sich genau an die Zeit zu halten, welcher die gefundenen Reste angehören. Wohl aber ist es auffallend zu sehen, dass einige unzweideutige Reste auf die Existenz des Orycteropus, der jetzt auf Afrika beschränkt ist, schliessen lassen; dass eigenthümliche Arten von Pferden zur Diluvialzeit in den Pampas lebten, während in historischer Zeit das Pferd erst von Europa aus in Amerika eingeführt wurde, und endlich, dass das Mastodon über die ganze Erde in eigenthümlichen Arten verbreitet war, indem man Reste dieses Geschlechtes nicht nur in der alten Welt, sondern auch in Amerika und Neuholland gefunden hat. Indess sind die Arten von einem Continente zum anderen unterschieden, und die allgemeine Verbreitung des Geschlechtes kann nicht auffallen, da es auch jetzt noch Geschlechter giebt, welche in eigenthümlichen Arten über die ganze Erde verbreitet sind.

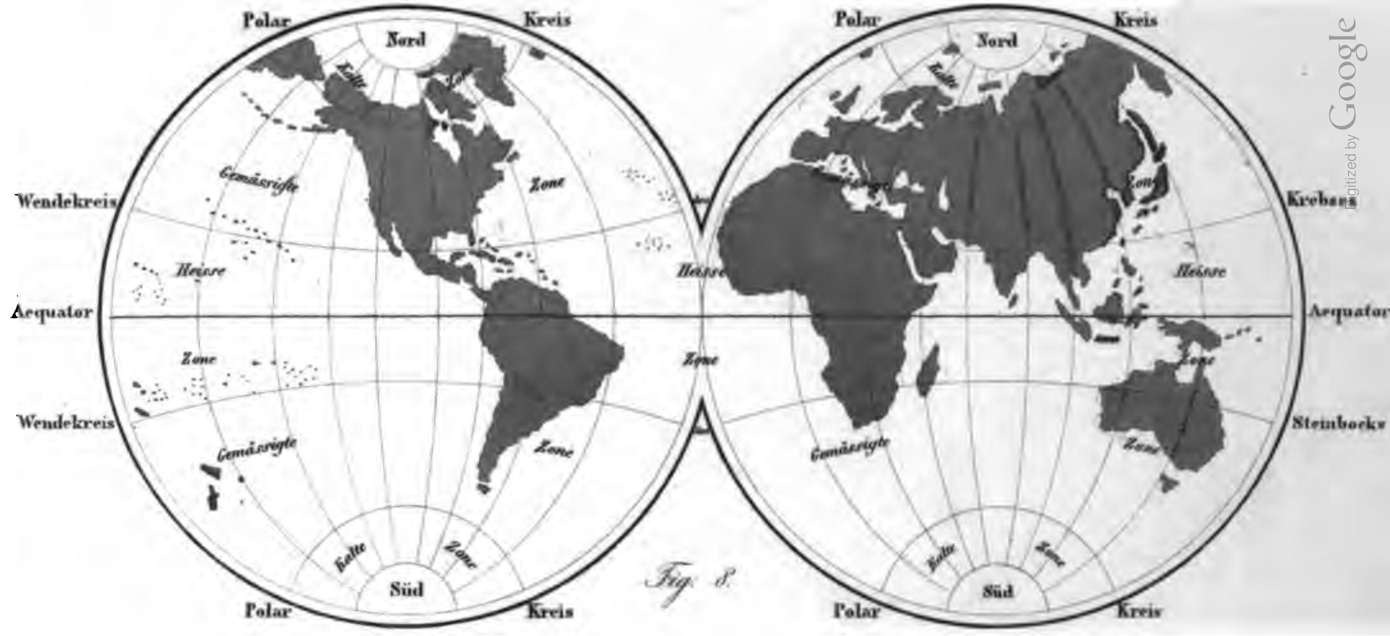
§. 878. Als Resultat der vergleichend paläontologischen Forschungen über die Diluvialzeit geht demnach die bestimmte Ansicht hervor, dass die geographische Verbreitung die Existenz dreier Continente beweise, welche eigenthümliche Faunen besassen, deren Typen noch heute fortdauern, und dass die verschiedenen Thiergeschlechter im Allgemeinen weit mehr nach Norden sich erstreckten, als dies jetzt der Fall ist, die nördliche Erdhälfte mithin wärmer war; ein Schluss, der sich auch durch Vergleichung der übrigen Thierclassen, namentlich der Mollusken, als vollkommen richtig darthun lässt, worauf einzugehen hier zu weit führen würde.

§. 879. Ueber den Schluss dieser Periode durch die erratische Zeit sind mancherlei Vermuthungen geäussert worden. Die Annahme einer Eiszeit in dem Sinne, wie man sie in der ersten Epoche der Beschäftigung mit diesem Gegenstande begreifen wollte, ist durch die genauere Untersuchung ebenso zu den kühnen Flügen der Phantasie gebracht worden, wie jene der Ströme und blitzschnellen Fortschaffungsmethoden, die vielen Scharfsinn zur Berechnung der Geschwindigkeiten von Kanonenkugeln etc. unnütz verschwenden liessen. Man hat jetzt zu dem Schlusse kommen müssen, dass die erratische Zeit eine ausserordentlich lange Dauer hatte, während welcher eine Menge complicirter Erscheinungen statthatten, und dass diese Erscheinungen in ungleicher Weise im Raume vertheilt waren, indem offenbar die grössere Ausdehnung der Gletscher im Norden der Continente (Scandinavien und Nord-Amerika)

nicht zu gleicher Zeit vorhanden war, wie die grössere Ausbreitung der Gletscher in der Schweiz und den Vogesen. Eine allgemeine Eiszeit, welche die vorhergehende Schöpfung vernichtet hätte, um später eine andere entstehen zu lassen, kann demnach nicht angenommen werden, sondern nur partielle Perioden, local beschränkt, während deren die Thier- und Pflanzenschöpfung sich ununterbrochen weiter entwickelte.

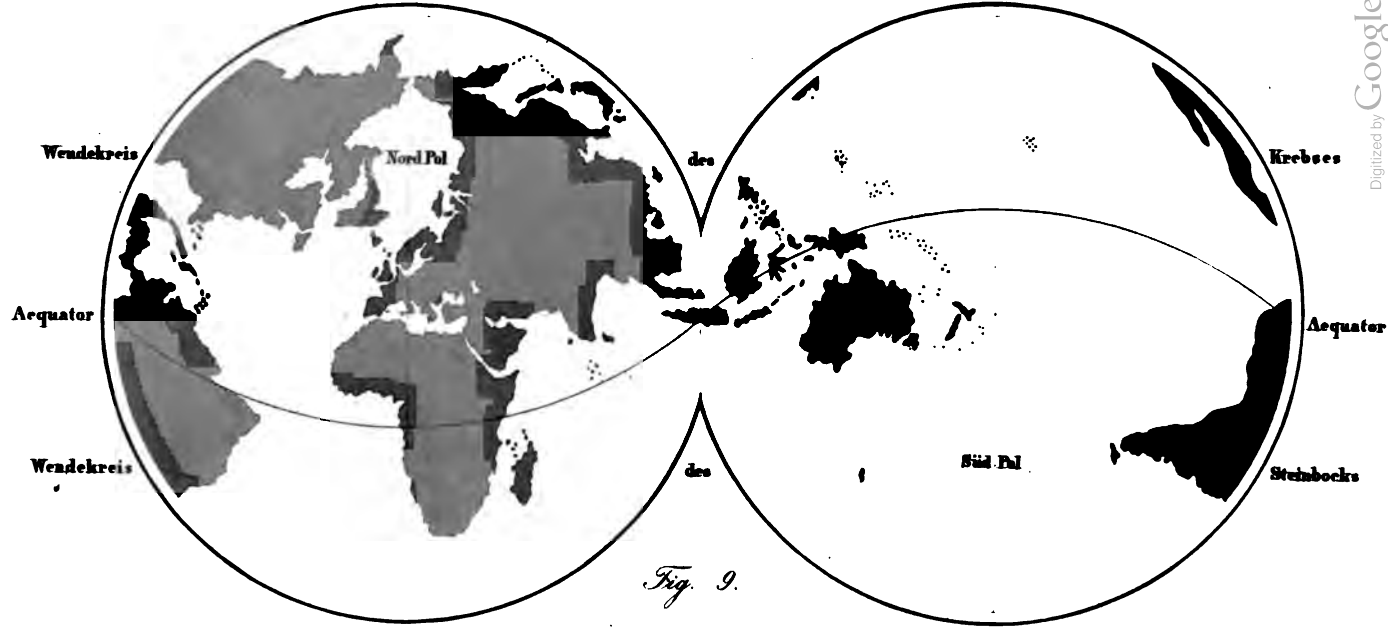
§. 880. Die Erkenntniss dieses Verhältnisses hebt indessen den Contrast nicht auf, welchen diese Erscheinungen mit denjenigen bilden, die auf eine etwas erhöhte Temperatur hindeuten, die unmittelbar vor dem Eintritte der betreffenden Kälteperioden an denselben Localitäten herrschte. Die Ursachen solcher Kälteperioden konnten bis jetzt höchstens wahrscheinlich gemacht, nicht nachgewiesen werden. Am meisten scheint allen Phänomenen die Annahme zu entsprechen, welche in der Nutation der Erdaxe und der Präcession der Aequinoctien den Grund einer periodischen Schwankung der Temperaturvertheilung auf der Erde sucht. In der That kehrt sich durch diese astronomische Ursache in je einer Periode von 10500 Jahren die Ordnung der Jahreszeiten in Bezug auf die Hauptpunkte der Erdbahn um, so dass bald der eine, bald der andere Pol sein Maximum der Tagesstunden erreicht. Auf der Höhe dieser Periode erhält der eine Pol 192 Stunden mehr Tag im Jahre, als der andere, mithin auch mehr Wärme. Jeder Pol hat demnach eine Kälteperiode, während welcher seine Nächte stets zunehmen — eine Wärmeperiode, während welcher seine Tage um eine bestimmte Stundenzahl im Jahre zunehmen. Das Mittel einer solchen Periode fiel in das Jahr 1248 n. Chr., in welchem Jahr der erste Tag unseres Winters mit dem Durchgange der Erde durch ihre Sonnennähe zusammenfiel. Seit diesem Jahre nimmt auf unserer nördlichen Erdhälfte die warme Jahreshälfte langsam ab, die kalte Jahreshälfte zu, die Zahl der Tagesstunden im Jahre ab, die Zahl der Nachtstunden im Jahre zu, und diese Zunahme der Nacht und Abnahme des Tages wird im Jahre 11748 n. Chr. ihren Höhepunkt erreichen, so dass dann der Nordpol 192 Stunden weniger Tag im Jahre, als der Südpol hat, ganz wie vor 11094 Jahren der Südpol 192 Stunden weniger Tag im Jahre hatte. Die astronomische Rechnung ergiebt uns also, dass jetzt noch die Südhälfte der Erde im Missverhältniss zu der Nordhälfte hinsichtlich der jährlich erhaltenen Licht- und Wärmemenge steht, womit auch die grössere Kälte dieser Hälfte und die grössere Breite dieser Eisdecke um den Pol in Einklang steht.

Sollte indessen wirklich in dieser Erscheinung der Grund der geologischen Phänomene liegen, welche wir mit dem Namen der erratischen Zeit zusammenfassen, so ist jedenfalls zu bedenken, dass viele solcher Perioden vor 10500 Jahren über der Erfüllung dieser erratischen Epoche hingegangen sein müssen, und dass keine derselben so plötzliche Veränderungen herbeizurufen im Stande war, als man manchmal annehmen wollte.



WESTLICHE HALBKUGEL.
OESTLICHE HALBKUGEL.
Polar
Kreis
Nord
Kalte
Zone
Gemässigte
Wendekreis
Heisse
Aequator
Zone
Wendekreis
Gemässigte
Zone
Kalte
Zone
Süd
Polar
Kreis
Polar
Kreis
Nord
Kalte
Gemässigte
Zone
Krebses
Heisse
Aequator
Zone
Steinbocks
Gemässigte
Zone
Kalte
Zone
Süd
Polar
Kreis

Fig. 8.


HALBKUGEL DES FESTLANDES.
HALBKUGEL DES MEERES.
Wendekreis
des
Krebses
Aequator
Aequator
Wendekreis
des
Steinbocks
Nord Pol
Süd Pol
Fig. 9.

